

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Přípravek pro zavádění šroubů do kostí
The Tool for the Implementation of Bone Screws

Student:

David Popela

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **David Popela**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení

Téma: **Přípravek pro zavádění šroubů do kostí**
The Tool for the Implementation of Bone Screws

Zásady pro vypracování:

Navrhnete přípravek pro zavádění mini šroubků průměru 1 až 2 mm do úlomků kostí při operaci malých kostí na ruce a noze. Hlavička šroubů je různá podle použitého šroubu od 2 do 4 mm. Směr vrtání je kolmý i šikmý s možností vrtání až pod úhlem 45 stupňů. Na jednom konci půloblouku bude opěrný hrot. Na druhém konci bude výměnné přestavitelné cílící pouzdro s možností aretace polohy. Výměnná pouzdra musí mít vnitřní průměr pro zasunutí vrtáku nebo K drátu umožňující různé kombinace vrtání pro možnost použití jednotlivých typů šroubů. Výměnná pouzdra musí umožňovat zavedení šroubu. Výměnná pouzdra musí být konstruována tak, aby z přípravku samovolně nevypadávala. Na pouzdrech nebo přípravku musí být kalibrační značky, které umožní odměření hloubky vrtání popřípadě potřebnou délku šroubu pro zavedení do kosti. Přípravek musí umožňovat provedení komprese při zavedení před vlastním použitím vrtání. Přípravek by měl umožňovat kompresi v délce cca 5 mm. Pouzdro v přední části by mělo obsahovat koncovku, která se opře o vrtanou kost a nebude sjíždět.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh přípravku pro reposici.
3. Pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
4. 2D výkresovou dokumentaci.
5. 3D návrh řešení přípravku se zhotovením plastového modelu technologií rapid prototyping.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.

Literární rešerše zpracovaná v rámci Ročníkového projektu.

Podklady firmy MEDIN, a.s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

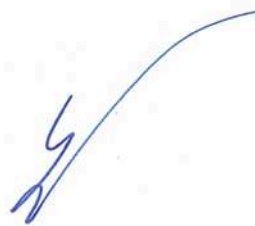
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 17.02.2014

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15. 5. 2014

..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 15.5.2014

Popela

.....
podpis studenta

David Popela

Světnov 70

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce Ing. Oldřichu Učňovi, Ph.D., Ing. Luboši Žilkovi a MUDr. Lud'ku Pliskovi za pomoc a odborné rady při zpracovávání bakalářské práce, za věnovaný čas a trpělivost.

Dále děkuji rodině za jejich podporu při studiu na vysoké škole.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

POPELA, David. *Přípravek pro zavádění šroubů do kostí*. Ostrava, 2014, 74 s. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce: Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem přípravku pro zavádění šroubů a K-drátů do malých kostí na ruce a noze. V teoretické části bakalářské práce jsou uvedeny typy implantátů, které se používají na malé zlomeniny. Přehled přípravků sloužících pro zavádění šroubů nebo drátů. Specifikace materiálů a postup zavádění tažných šroubů do kosti prstu. V praktické části jsou zpracované konstrukční návrhy přípravků a následný výběr neoptimálnější varianty. Vybraný model přípravku je podroben kontrolním výpočtům a metodě MKP. V závěru práce je zpracována výkresová dokumentace a vytištěn plastový model přípravku technologií rapid prototyping.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

POPELA, David. *The Tool for the Implementation of Bone Screws*. Ostrava, 2014. Bachelor thesis. VŠB – Technical University of Ostrava. Thesis head: Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

The bachelor thesis deals with the preparation for the implementation of screws and K-wires to small bones in a hand and a foot. In the theoretical part of the thesis there are presented types of implants, which are used on small fractures. Overview of preparations, which are serving for inserting screws or wires. A material's specification and implementation process of lag screws in a finger's bone. In the practical part there are processed engineering designs of preparations and the subsequent selection of the most optimal variant. The selected model of the preparation is controlled by computation methods and the method FEM. In the conclusion of this thesis there are processed a drawing documentation and printed a plastic model with using the rapid prototyping technologies.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	10
SLOVNÍK ODBORNÝCH VÝRAZŮ	11
ÚVOD.....	12
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 IMPLANTÁTY POUŽÍVANÉ PRO MALÉ ZLOMENINY	
NA RUCE A NOZE	13
1.1 Šrouby	13
1.2 Kirschnerův drát	15
1.3 Cerklážní drát.....	16
1.4 Dlahová fixace	16
1.5 Zevní fixace	18
2 PŘÍPRAVKY SLOUŽÍCÍ K ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ NEBO DRÁTU	20
3 SPECIFIKACE MATERIÁLŮ	23
3.2 Nerezová ocel	23
4 POSTUP ZAVÁDĚNÍ TAŽNÝCH ŠROUBŮ	
DO KOSTI PRSTU – PHALANX MEDIA	26
4.1 Zásady	26
4.2 Repozice.....	27
4.3 Příprava pro fixaci	29
4.4 Fixace.....	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH.....	35
5.1 Požadavky na konstrukci přípravku.....	35
5.2 Varianty přípravku	35
5.3 Výběr výsledné varianty	39
6 TECHNICKÁ ZPRÁVA	40
6.1 Komponenty přípravku	40
6.2 Výpočtová část.....	46
6.2.1 Šroubové spojení zaváděcího pouzdra s tělem přípravku.....	46
6.2.2 Šroubové spojení hrotu s maticí.....	49
6.3 MKP analýza.....	54
ZÁVĚR	66

POUŽITÁ LITERATURA.....	67
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	71
PŘÍLOHY	73

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

σ_t	Tahové napětí	[MPa]
σ_{Dt}	Dovolené tahové napětí	[MPa]
$R_{p0,2-1.4301}$	Smluvní mez kluzu materiálu DIN EN 1.4301	[MPa]
$R_{p0,2-1.4021}$	Smluvní mez kluzu materiálu DIN EN 1.4021	[MPa]
β	Součinitel přidavného krutu	[-]
k_s	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
d_3'	Předběžný malý průměr závitu	[mm]
d_3	Malý průměr závitu	[mm]
F_{0P}	Osová síla působící na zaváděcí pouzdro	[N]
F_{0H}	Osová síla působící na hrot	[N]
M_U	Utahovací moment	[N.mm]
M_{TZ}	Moment tření v závitu	[N.mm]
ψ	Úhel stoupání závitu	[°]
ϕ'	Redukovaný třecí úhel závitu	[°]
α	Vrcholový úhel závitu	[°]
f_z	Součinitel smykového tření v závitu	[-]
P_h	Stoupání závitu	[mm]
d_2	Střední průměr závitu	[mm]
S	Plocha průřezu dřívku hrotu	[mm ²]
H_1	Nosná výška závitu	[mm]
h_t	Výška závitu v těle přípravku	[mm]
h	Výška matice	[mm]
p	Měrný tlak	[MPa]
p_D	Dovolený měrný tlak	[MPa]
z	Počet závitů	[-]
n	Počet chodů závitu	[-]
d	Velký průměr závitu	[mm]
D_1	Malý průměr závitu	[mm]

SLOVNÍK ODBORNÝCH VÝRAZŮ

<i>skeletální trakce</i>	tah přímo za kost, kterou táhne závaží
<i>perkutánní</i>	procházející kůží
<i>miniinvasivní postup</i>	chirurgický postup, schopný minimalizovat či eliminovat vstupní řezy do pacienta
<i>osteosyntéza</i>	operační metoda používaná pro fixaci zlomenin
<i>dorzální</i>	zadní, směřující k zadní části trupu
<i>osteoporotické zlomeniny</i>	zlomeniny, které vznikají při mnohem menším namáhání kosti, než u zlomenin kostí zdravých
<i>rigidní</i>	tuhý, stabilní
<i>diafýza</i>	střední část dlouhé kosti
<i>epifýza</i>	zakončení dlouhé kosti
<i>spongióza</i>	houbovitá kostní tkáň tvořená cévami a nervy v podobě husté sítě
<i>kompakta</i>	hutná kostní tkáň, která je hustá a pevná
<i>fragment kosti</i>	úlolek kosti
<i>monokortikální</i>	skrz jednu kompaktu
<i>bikortikální</i>	skrz dvě kompakty
<i>laterální</i>	boční
<i>repozice</i>	umístění posunuté části těla do správné polohy
<i>fixace</i>	upevnění, zpevnění
<i>malrotace</i>	špatná rotace
<i>neourovaskulární</i>	týkající se cév a nervů
<i>MKP</i>	metoda konečných prvků

ÚVOD

Přípravky sloužící k zavádění šroubů nebo K-drátů do kostí obvykle umožňují stabilizovat polohu jednotlivých fragmentů kosti, umožňují odměřit hloubku vrtání či potřebnou délku šroubu. Dále umožňují vedení vrtáku, K-drátu či vkládání šroubů. To usnadňuje práci lékařům a zdravotnímu personálu při operacích zlomenin, a to tím, že není zapotřebí používat velkého množství nástrojů, které tyto přípravky nahradí.

Ve spolupráci s firmou Medin a.s., v rámci projektu Osteosyntéza zlomenin ruky a nohy (číslo projektu TA03010804) jsem vypracoval bakalářskou práci s názvem Přípravek pro zavádění šroubů do kostí. Práce je rozdělena na dvě části - teoretickou a praktickou. Teoretická část je zaměřena na typy implantátů používaných na zlomeniny malých kostí na ruce a noze, přehled běžně používaných materiálů při konstrukci zdravotnických přípravků. A na postup operace při zavádění tažných šroubů do kosti prstu. V praktické části byly navrženy varianty přípravku, z nichž byla vybrána nejvhodnější varianta, která byla následně podrobena kontrolním výpočtům, včetně pevností analýzy MKP. V závěru práce, jsem se věnoval tvorbě výkresové dokumentace a vyhotovení plastového modelu technologií rapid prototyping.

Cílem práce je navržení přípravku pro zavádění šroubů do malých kostí na ruce a noze včetně:

- Technické zprávy s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
- Konstrukčního návrhu přípravku pro repozici.
- Pevnostní kontroly důležitých uzlů.
- 2D výkresové dokumentace.
- 3D návrhu řešení přípravku se zhotovením plastového modelu technologií rapid prototyping.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 IMPLANTÁTY POUŽÍVANÉ PRO MALÉ ZLOMENINY NA RUCE A NOZE

1.1 Šrouby [4, 5, 8, 9, 15, 25]

Šrouby se obvykle u malých zlomenin používají, pro přímou fixaci jednotlivých fragmentů kosti, nebo k upevnění dlahy ke kosti. Liší se podle velikosti, typu, polohy umístění, funkce a otvoru v hlavě šroubu. Dle typu je můžeme rozdělit na standardní, a se zamykací hlavou. Standardní šrouby dále dělíme na kortikální a spongiózní.

Kortikální šrouby

Proti spongiózním šroubům mají nižší a hustší závit. Zavádí se do diafýzy, kde je kostní tkáň hustá a tvrdá. Šroub prochází skrz oba fragmenty kosti. Před samotným zavedením šroubu se nejprve musí vyvrtat otvor a následně vytvořit závit závitníkem.

Velikost šroubů závisí na pohlaví, tělesné konstituci pacienta a typem poraněné kosti. Pro osteosyntézu skeletu ruky se nejčastěji používají šrouby o průměru 1,0 mm, 1,3 mm, 1,5 mm a 2,0 mm.



Obr. 1.1 Šroub kortikální HA 2 [16]

Spongiózní šrouby

Mohou být s plným či krátkým závitem. Šroub neprochází přes oba fragmenty kosti, ale u druhého fragmentu se šroub zavádí do houbovitě kostní tkáně (spongióza), která je měkká a málo pevná. Závit má tedy větší nosnou plochu. Je vyšší a řidší, oproti kortikálním šroubům. Zavádí se do epifýzy. Zavedení spongiózních šroubů se provádí stejně jako u šroubů kortikálních.



Obr. 1.2 Šroub spongiózní HB 4 [16]

Samořezné šrouby

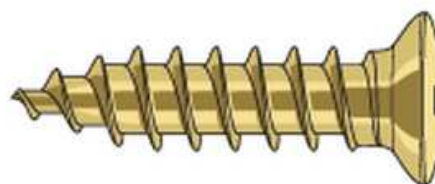
Jsou navrženy tak, že se po vytvoření otvoru, mohou zašroubovat do kosti, bez předchozí tvorby závitů. Šroub má drážky, které vyříznou závit. Jsou tedy rychle a snadno použitelné. Otvor se vrtá o trochu větší, než je průměr jádra šroubu. Protože jejich závitů nemohou proniknout hluboko do kosti, jejich únosnost není tak velká, jako u kostních šroubů, které si závit sami vyříznout nemohou.



Obr. 1.3 Samořezný šroub [8]

Samovrtné šrouby

Samovrtné šrouby se zavádějí bez nutnosti předvrtání děr. Vyžadují však vyvození velké síly, kterou musí být aplikovány do kosti, aby si šroub vyvrtal a vyříznul závit. To může mít za následek přemístění úlomků kosti. Bikortikální zavádění samovrtných šroubů se nedoporučuje, protože ostrá špička šroubu může poškodit nervy, cévy nebo šlachy. Nevýhodou může být, že nelze změřit velikost kosti, a tedy i odpovídající délku samovrtného šroubu.



Obr. 1.4 Samovrtný šroub [8]

Podle použití lze kostní šrouby rozdělit na:

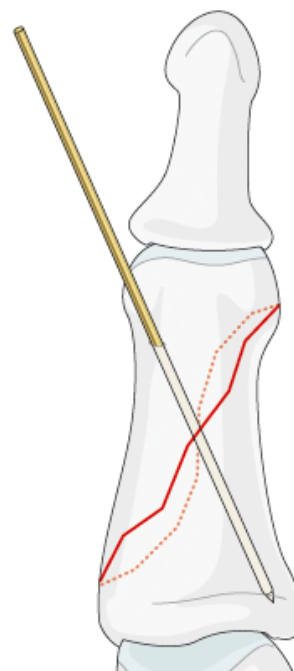
- Tahové.
- Poziční.

Tahové šrouby zajišťují vytvoření komprese přes linii lomu, čímž zajišťují repozici a stabilitu fraktury. Princip je takový, že šroub prochází přes bližší fragment kosti a zachytí se až ve vzdálenějším fragmentu. Následným utahováním šroubu, dojde k přitisknutí jednotlivých fragmentů k sobě, čímž vznikne pevný spoj. Tahový šroub lze rozpoznat dle délky závitů, který není přes celou délku šroubu.

Poziční šrouby se používají ke stabilizaci fragmentů, bez vytvoření komprese, která by způsobila kolaps fragmentů. Zajišťují stabilitu fragmentů tím, že jsou uchyceny v obou kortexech. Používají se tam, kde jsou fragmenty příliš malé a vyvrtání kluzného otvoru by je rozlomilo. Kortikální i spongiózní šrouby se používají jako tahové či poziční.

1.2 Kirschnerův drát [4]

Kirschnerův drát (dále K – drát) se velmi často používá pro vnitřní fixaci skeletu ruky. Patří mezi nejznámější osteosyntetický materiál. Byl vyvinut Martinem Kirschnerem, který jej vyvinul pro konzervativní léčbu zlomenin skeletální trakcí. Výhodou K – drátu je, možnost jej snadno perkutánně zavést, bez velkého poškození měkkých tkání. Dále také krátký operační čas. K – dráty jsou cenově dostupné, jejich tloušťku lze volit dle velikosti fragmentů kosti. Podle některých autorů, se jedná o implantát splňující miniinvazivní operační výkon. Zavedení může být kolmé či šikmé k ose kosti. Nevýhodou fixace fragmentů pomocí K – drátů, je jejich malá stabilita či jejich předčasné uvolnění před úplným zahojením zlomeniny. Při zavádění, dochází k poškození kostní tkáně tepelným účinkem vrtání, což může mít za následek předčasné uvolnění drátu. Kost je na teplo velmi citlivá. Teplota vrtání se zvyšuje se zmenšujícím se průměrem K – drátu.



Obr. 1.5 Použití K – drátu [6]

Běžně vyráběné průměry K – drátu do průměru 2,0 mm jsou: [19]

- 0,8 mm
- 1,0 mm
- 1,2 mm
- 1,5 mm
- 1,8 mm
- 2,0 mm

1.3 Cerkláží drát [4]

Osteosyntéza pomocí cerklážího drátu je dnes méně používaný způsob fixace fragmentů kosti, hlavně z nutnosti širokého operačního postupu. Nevýhodou je nedostatečná stabilita a možnost poškození cévního zásobení kosti. I přes své nevýhody je doporučován některými lékaři.

Například Al – Quattan a Al – Lazzam, kteří za použití klasické cerkláže drátem, úspěšně léčili dlouhé šikmé nebo spirální zlomeniny. Spojení bylo dostatečně pevné a umožňovalo brzkou rehabilitaci. Obvykle se drát používá odlišným způsobem, který se liší od klasicky používané cerkláže. Segmüller provedl osteosyntézu drátem ve tvaru osmičky na dorzální stranu kosti. Kvůli nestabilitě fixace muselo být spojení podpořeno sádrou či plastovou dlahou. Cerkláží drát se kombinuje také s použitím K – drátu.



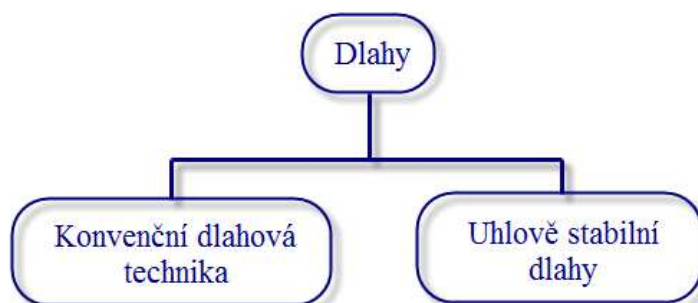
Obr. 1.6 Příklad použití cerklážího drátu dle Segmüllera [4]

1.4 Dlahová fixace [1, 18]

Dalším osteosyntetickým implantátem umožňující stabilizaci zlomeniny je dlahy. Dlahy může být umístěna na povrch kosti nebo její dutiny. Výhodou dlahy je její dostatečná pevnost fixace a možnost, jejího přesného zavedení u otevřených repozic.

Nevýhodou je omezené použití v případě tenkého či nekvalitního měkkotkáňového krytu, umírání buněk pod dlahou, poruchy hojení a zvýšené riziko infekčních onemocnění.

Základní dělení dlahové fixace dle typu konstrukce:



Obr. 1.7 Dělení dlahové fixace dle typu konstrukce

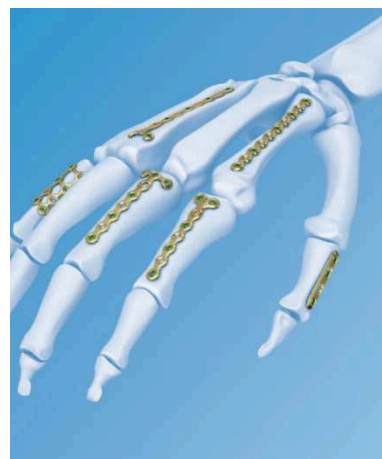
Dle typu konstrukce můžeme rozdělit dlahy na uhlově stabilní dlahy a konvenční dlahovou techniku, které úhlovou stabilitu neumožňují. Výjimkou jsou LCP dlahy, které umožňují jak standardní, tak úhlově stabilní osteosyntézu. Umožňuje jim to konstrukce otvoru ve tvaru osmičky. LCP Compact Hand 1.5 a VA – LCP Forefoot/Midfoot System 2.4/2.7 nabízí společnost Synthes (viz obr. 1.8, 1.9).



Obr. 1.8 VA – LCP

Forefoot/Midfoot System

2.4/2.7 od firmy Synthes [23]



Obr. 1.9 LCP Compact

Hand 1.5. od firmy Synthes

[22]

Zavedení šroubů do konvenčních dlah může být jak kolmé, tak i šikmé, jako tahový šroub. Konstrukce úhlově stabilních dlah umožňuje pevné držení hlavy šroubu v dlaze. Tím je přenesena část zatížení, ze spojení šroub – kost, na spojení šroub – dlahu.

V důsledku toho lze úhlově stabilní dlahy použít i pro méně kvalitní a osteoporotické kosti. V kombinaci úhlově stabilní dlahy a uzamykatelných šroubů je tvořen pevný celek, kdy dlahy nemusí být ke kosti přitisknuta a tím je zajištěno krevní zásobení kosti. Uzamykatelný šroub může být zaveden i monokortikálně, protože je pevně uchycen hlavou v dlaze, bez snížení pevnosti konstrukce.

1.5 Zevní fixace [1, 4]

Jedná se metodu umožňující stabilizaci fragmentů za pomoci vnější konstrukce. Výhodou je minimální množství cizorodého materiálu ve tkáni. Používá se hlavně u otevřených, infikovaných zlomenin a zlomenin s rozsáhlým poraněním měkkých tkání. Konstrukce zevních fixátorů umožňuje regulaci síly kontaktu fragmentů a jejich postavení, přičemž nedochází k dalšímu poškození měkkých tkání operačním zákrokem. Pevnost montáže bývá pevná natolik, že i u tříštivých zlomenin je následně povolena plná zátěž.

Zevní fixace tvoří vhodné podmínky pro léčbu a rehabilitaci okolních kloubů, umožňuje ošetřování měkkých tkání, což je důležité pro zahojení zlomenin skeletu. Konstrukce dostatečně fixuje, ale zároveň svou určitou elasticitou stimuluje hojení kosti. Nejméně omezuje hybnost kloubu a nezhoršuje pacientův dyskomfort.

Zevní fixátory lze rozdělit dle kotevních elementů na:

- Kirschnerovy dráty.
- Schanzovy šrouby.
- Steinmannovy hřeby.

Rozdělení dle charakteru konstrukce na:

- Svorkové.
- Rámové.
- Vicerovinné.

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

V současné době se nejvíce uplatňují svorkové rigidní typy s vícerovinnou montáží. Společnost Orthofix nabízí pro malé zlomeniny na ruce a noze svorkový MiniRail fixátor (obr.1.10).



Obr. 1.10 MiniRail fixátor od společnosti Orthofix [21]

2 PŘÍPRAVKY SLOUŽÍCÍ K ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ NEBO DRÁTU

O'Brien - kostní kleště [27]

Umožňují přitisknutí fragmentů kosti čelistmi, a tak stabilizovat jejich polohu. Cílič vrtáku umožňuje vkládání šroubů skrz otvor v horní čelisti. Stupnice, která je situována na rukojeti nahrazuje používání hloubkoměru pro odměření potřebné hloubky vrtání. Je proveden ve dvou velikostech. Menší varianta umožňuje vedení vrtáku o průměru 8 mm a vkládání šroubu o průměru až 4 mm. Větší varianta vede vrták o průměru 10 mm a umožňuje vkládání šroubu o průměru až 6,5 mm.



Obr. 2.1 O'Brien - kostní kleště [27]

Redler - perkutánní kleště [27]

Jsou zkonstruovány k držení fragmentů kosti při repozici během perkutánního uchycení kosti. Cílič na čelisti je navržen jako válec, který je opatřen zuby. Válec slouží k vedení drátu, zuby zabraňují jeho sklouznutí z kosti a udržují



Obr. 2.2 Redler - perkutánní kleště [27]

tak cílicí válec na správném místě. Hrot přípravku slouží k stabilizaci polohy fragmentů kosti. Přípravek má dlouhý oblouk se zuby, který zajišťuje aretaci polohy komprese, různě velkých kostí od 1 mm do 14 mm. Přípravek je užitečný i pro zavádění vodicích drátů pro následné vkládání kanylovaných šroubů.

Chang kleště [27]

Používají se pro malé kosti. Kleště umožňují přesné vložení drátu pro externí fixaci.



Obr. 2.3 Chang kleště [27]

Repoziční kleště pro tahové šrouby od společnosti Stryker [26]

Přípravek umožňuje kompresi fragmentů kosti a aretaci její polohy. Výmenná pouzdra jsou zkonstruována pro vedení vrtáku určeného k vyvrtání kluzného i závitového otvoru a vkládání šroubů o průměrech 1,2 mm; 1,7 mm a 2,3 mm. Kleště obsahují stupnici pro odměření hloubky vrtání.



Obr.2.4 Repoziční kleště pro tahové šrouby od společnosti Stryker [26]



Obr. 2.5 Výměnná pouzdra společnosti Stryker [26]

Nastavitelné vrtací pouzdro [28]

Nastavitelné vrtací pouzdro je navrženo tak, aby bylo zajištěno přesné umístění otvorů před vložení šroubů. Špičatý konec je umístěn na místo požadovaného průchodu vrtáku kostí. Tělo přístroje je utaženo na místě vhodném pro vrtání. Přípravek obsahuje tři vrtací pouzdra o průměrech 3,5 mm, 2,5 mm a 2,0 mm.



*Obr. 2.6 Nastavitelné vrtací
pouzdro [28]*

3 SPECIFIKACE MATERIÁLŮ [10, 13, 14, 17]

Mezi nejpoužívanější materiály k výrobě zdravotnických nástrojů a přípravků patří ocel, nerezová ocel, titan, tvrdokov, plasty, slitiny hliníku a kompozitní materiály. Důležité je, aby byl materiál dobře snášen pacientem a umožnil mu rychlý návrat do běžného života. Vzhledem k vlastnostem nerezové oceli, je vhodným materiálem pro výrobu přípravku pro zavádění šroubů do kostí.

3.1 Nerezové oceli

Tyto oceli obsahují minimálně 10,5 % chrómu, v porovnání s nelegovanými oceli, mají výrazně lepší odolnost proti korozi. Zásahu na tom má vyšší obsah chrómu a ostatní legující prvky, jako např. nikl a molybden. Za zlepšení vlastností ocelí mohou i ostatní prvky, jako např. síra, která zlepšuje obrobitelnost, dusík zlepšující pevnost a korozní odolnost či niob a titan, zlepšující odolnost proti mezikrystalické korozi. Dle struktury a chemického složení se nerezové oceli dělí na tyto základní skupiny:

- Feritické oceli.
- Martenzitické oceli.
- Austenitické oceli.
- Austeniticko-feritická.

Martenzitická ocel DIN EN 1.4021

Tato ocel se může dodávat v žíhaném nebo zušlechtěném stavu. Po přepracování polotovaru do stavu hotového výrobku, následuje obvykle zušlechtění. Zušlechtění je dáno kalením a následným popouštěním. Po kalení vzniká martenzitická struktura, která je pevná a křehká. Po kalení následuje popouštění, zvyšující tažnost oceli. Se vzrůstajícím obsahem uhlíku se pro zachování dostatečné korozní odolnosti zvyšuje i obsah chromu. Dosahuje se tak příznivých mechanických vlastností a dobré korozní odolnosti. Tato ocel je nemagnetická. Jedná se o chromovou ocel, se zvýšeným obsahem uhlíku, která se používá hlavně k výrobě nástrojů (např. nože). Ve zdravotnictví se uplatňuje na různé chirurgické nástroje, jako jsou háky, svorky či pinzety.

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Chemické složení:

Tab. 1: Chemické složení DIN EN 1.4021 v % [11]

C	Si	Mn	P	S	Cr
≤0,16 – 0,25	≤1,00	≤1,50	≤0,040	≤0,030	≤12 - 14

Mechanické vlastnosti:

Tab. 2: Mechanické vlastnosti DIN EN 1.4021 (pro plech tloušťky 75 mm) podle EN 10088-2 [12]

Rp0,2	Rm	Tažnost
MPa	Mpa	%
450	650-850	12

Chrom-niklová austenitická ocel DIN EN 1.4301

Jedná se o legovanou ušlechtilou ocel, která se vyznačuje příznivou kombinací vysoké korozní odolnosti s dobrou obrobiteľností. Má velmi dobrou tvařitelnost za studena, tažnost a dobře se ohýbá. Má velkou vrubovou houževnatost i za nízkých teplot, proto může být používána i na zařízení, které pracují při nízkých teplotách, až -269°C. Je nemagnetická, velmi dobře svařitelná a lešitelná, má vysokou odolnost proti opotřebení. Má široké spektrum uplatnění a díky svým vlastnostem, se velmi používá v potravinářském průmyslu.

Chemické složení:

Tab. 3: Chemické složení DIN EN 1.4301 v % [11]

C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni
≤0,07	≤1,00	≤2,00	≤0,045	≤0,030	≤0,11	≤17- 19,5	8-10,5

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Mechanické vlastnosti:

Tab. 4: Mechanické vlastnosti DIN EN 1.4301 (pro plech tloušťky 75 mm) podle EN 10088-2, 10088-3 [13, 20]

Rp0,2 podélně	Rp0,2 napříč	Pevnost v tahu	Tažnost
MPa	MPa	MPa	%
≤210	≤250	520/720	≤45

Chrom-niklová austenitická ocel DIN EN 1.4305

Není vhodná ke svařování, je nemagnetovatelná, legována sírou, která zaručuje dobrou obrobiteľnosť. Používá se např. na rotujících částech v potravinářském a mlékařském průmyslu, při výrobě barev, olejů, mýdel, papíru a textilu.

Chemické složení:

Tab. 5: Chemické složení DIN EN 1.4305 v % [11]

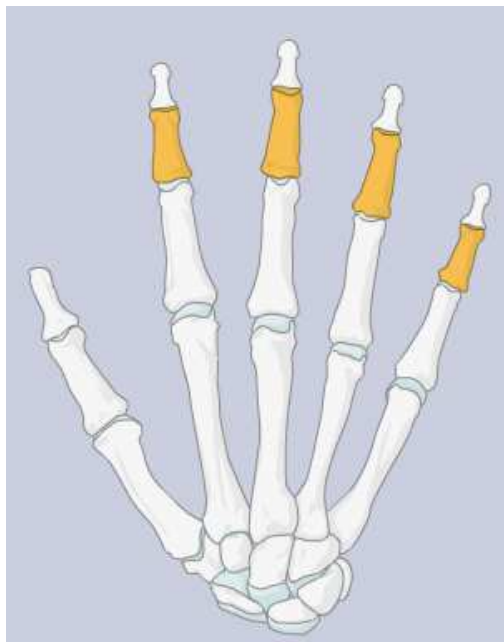
C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Ni
≤0,10	≤1,00	≤2,00	≤0,045	≤0,15- 0,35	≤0,11	≤17-19	1,00	8-10

Mechanické vlastnosti:

Tab. 6: Mechanické vlastnosti DIN EN 1.4305 (pro zastudena válcovaný pás tloušťky 75 mm) podle EN 10088-2, EN 10088-3 [13]

Rp0,2 podélně	Rp0,2 napříč	Pevnost v tahu	Tažnost
MPa	MPa	MPa	%
≤190	≤230	500/700	≤35

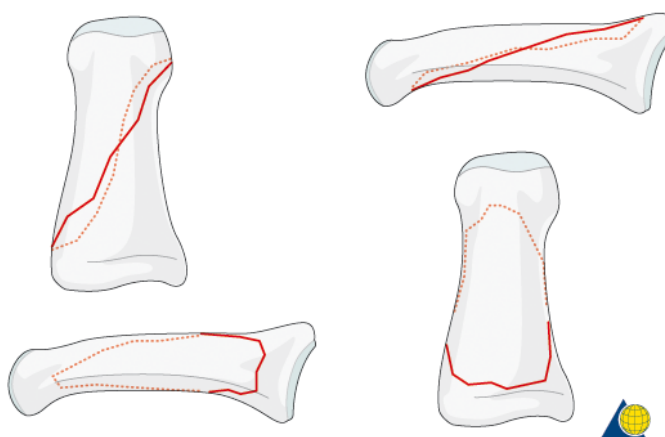
4 POSTUP ZAVÁDĚNÍ TAŽNÝCH ŠROUBŮ DO KOSTI PRSTU – PHALANX MEDIA [6, 7]



Obr. 4.1 Phalanx media [6]

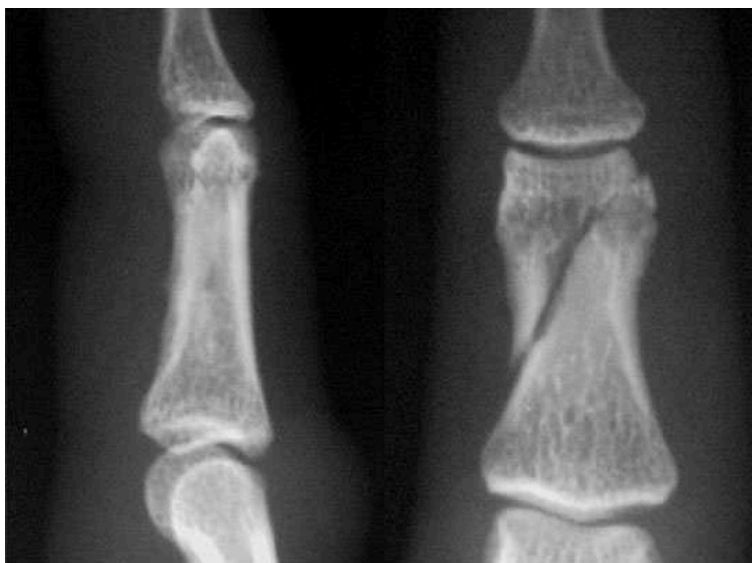
4.1 Zásady

Zlomeniny diafýzy mohou být příčné, šikmé, nebo tříštivé.



Obr. 4.2 Šikmá zlomenina [6]

Zobrazení zlomeniny je možné buď v předozadní, nebo v laterální projekci. Vždy je nutné potvrdit tvar zlomeniny z obou pohledů.

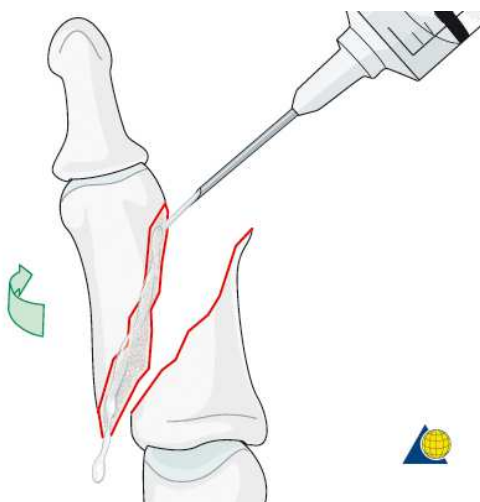


Obr. 4.3 Laterální a předozadní projekce [6]

4.2 Repozice

Otevření zlomeniny

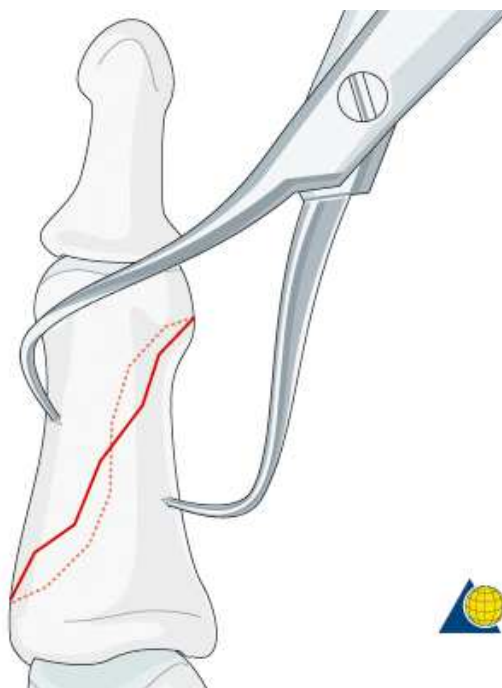
Chcete-li zjistit přesný tvar zlomeniny a místa pro správné umístění šroubů, je dobré otevřít zlomeninu, tím, že vyvinete tah a rotaci na prst. Lomová plocha by měla být zbavena od vniknutých měkkých tkání. Místo zlomeniny může být omýváno, pro lepší viditelnost.



Obr. 4.4 Omývání lomové plochy [6]

Přímá repozice

Přímá repozice je nezbytná, pokud zlomeniny nemůžeme ustavit pomocí tahu a ohybu, nebo když je zlomenina nestabilní. Je moudré používat zvětšovací lupy, abychom byli schopni rozpoznat nevyvinuté lomové čáry. Pomocí špičatých kleští opatrně provedeme přímou repozici zlomeniny. Pro lepší viditelnost omýváme oblast zlomeniny. Repozici zkontrolujeme RTG zesilovačem. Pro dočasnou fixaci repozice zlomeniny můžeme použít špičaté kleště nebo 1 mm K – drát.



*Obr. 4.5 Přímá repozice
zlomeniny [6]*

Určení malrotace

Je vhodné zkontrolovat vyrovnění a natočení prstu, pomocí jeho pohybu přes celý jeho rozsah. Malrotace se může projevit tím, že operovaný prst překrývá jeden ze svých sousedních prstů. Malá rotační malrotace může být často zjištěna podíváním se na konečky prstů. Projevuje se tím, že nehet je nakloněný. Pokud je pacient při vědomí a lokální anestezie stále umožňuje aktivní pohyb, pacient může být požádán, aby natáhl a ohnul prst. Každá malrotace je opravena pomocí přímé manipulace chirurga.

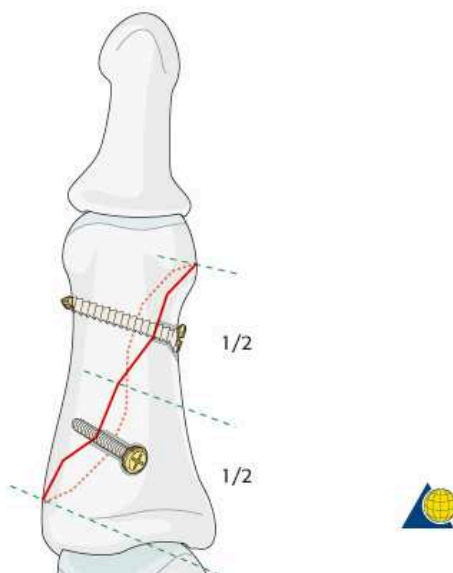


Obr. 4.6 Malrotace prstu [6]

4.3 Příprava pro fixaci

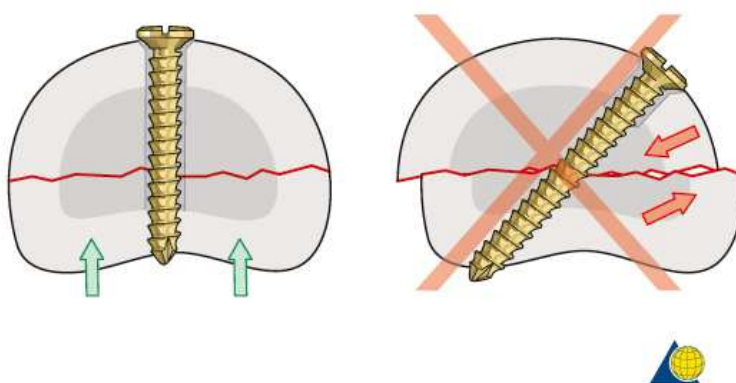
Umístění šroubů

Pokud je lom dostatečně dlouhý, budou rovnoměrně vloženy dva šrouby.



Obr. 4.7 Rovnoměrné rozložení šroubů [6]

Jestliže šrouby nejsou vloženy kolmo na plochu lomu, při utahování šroubu může dojít k vychýlení zlomeniny.



Obr. 4.8 Vychýlení zlomeniny [6]

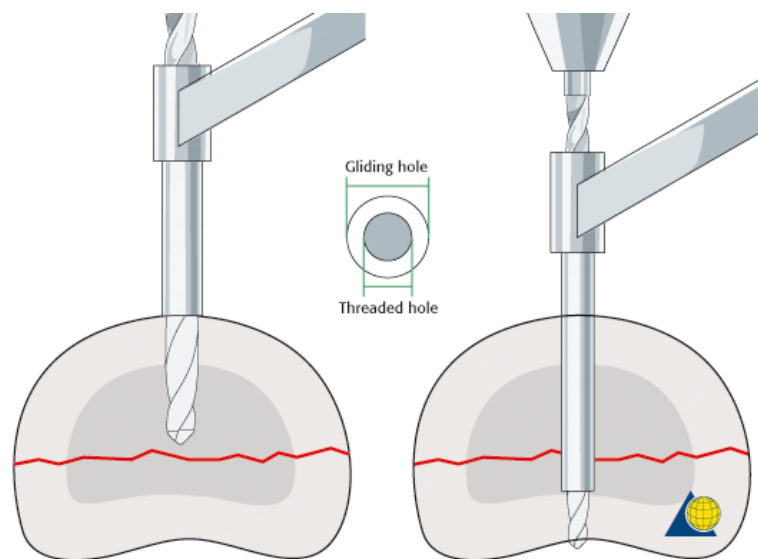
4.4 Fixace

Vrtání pro následné umístění tahových šroubů

Kluzný a závitový otvor můžeme vytvořit dvěma různými způsoby:

- *Tvorba kluzného otvoru jako první*

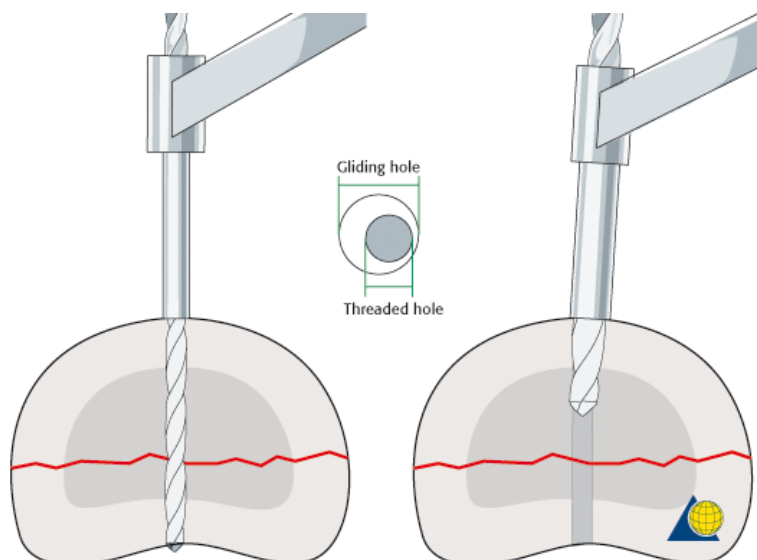
Nejdříve se vyvrtá kluzný otvor do první části kosti. Zajistí se dokonalá repozice zlomeniny a vloží vrtací pouzdro. Vyvrtá se otvor pro závit ve vzdálenější části kosti pomocí vrtacího pouzdra. Tato metoda zajišťuje polohu závitového otvoru a kluzného otvoru v jedné ose. Jedná se o upřednostňovanou metodu.



Obr. 4.9 Tvorba průchozího otvoru jako první [6]

- *Tvorba závitového otvoru jako první*

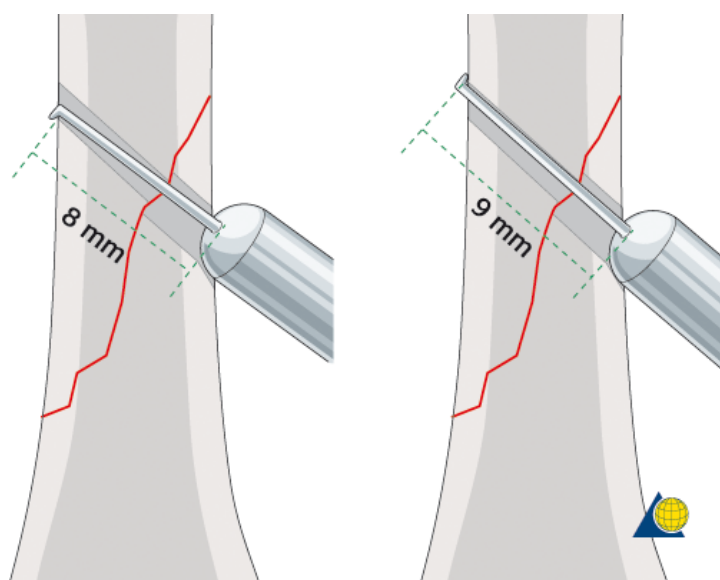
Vyvrtá se díra přes obě části kosti pomocí vrtáku určeného pro závitový otvor. Poté se pomocí odpovídajícího vrtáku předvrtá první část kosti k vytvoření kluzného otvoru. Jedná se o techniku vhodnou pro malé fragmenty. Nevýhodou této metody je, že jednotlivé díry nemusí být souosé.



Obr. 4.10 Tvorba závitového otvoru jako první [6]

Měření

Za pomoci hloubkoměru se změří velikost potřebného šroubu. Naměřená délka se může lišit, závisí na tom, o kterou hranu zahákneme hloubkoměr. Tento problém roste se zvyšujícím se úhlem sklonu. Vždy se měří oba úhly, ale používá se větší naměřená délka. Je důležité mít na paměti, že příliš dlouhý šroub může nadměrně vyčnívat a tím ohrožovat měkkou tkáň.

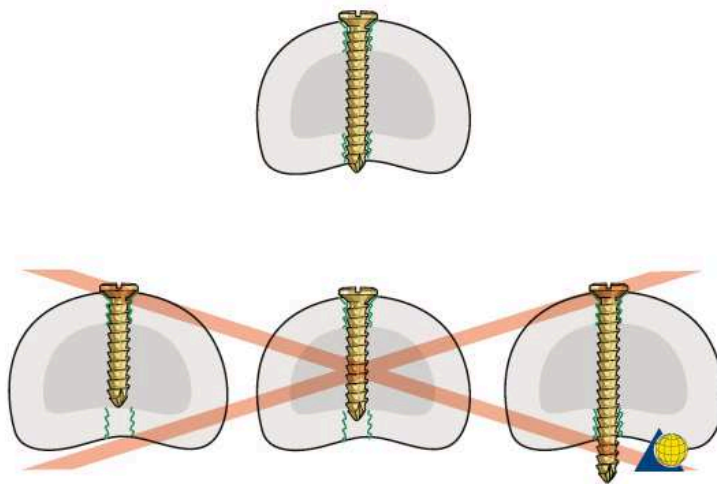


Obr. 4.11 Měření hloubky díry [6]

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Problémy, které mohou nastat s různou délkou šroubů

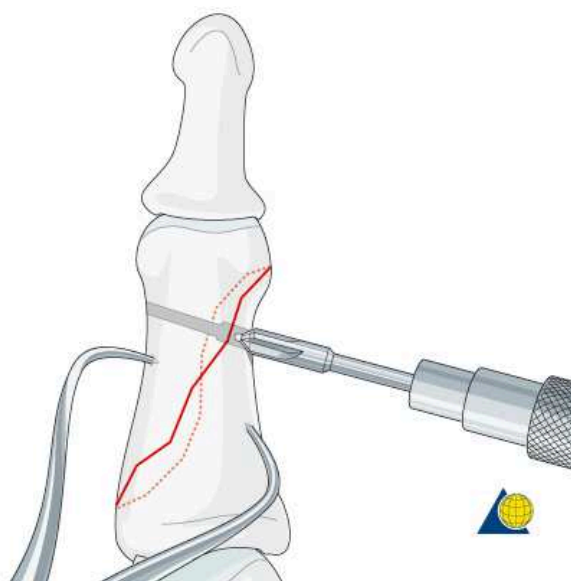
Je důležité se ujistit, že je použit šroub se správnou délkou. Příliš krátké šrouby nemusí dostatečně spojit obě části kosti, kvůli krátké délce šroubu v závitové části. Tento problém se zvyšuje při použití samořezných šroubů, kvůli geometrii jejich špičky. Příliš dlouhé šrouby ohrožují měkké tkáně, obzvláště šlachy a neurovaskulární systém. Je nutné být velmi pečlivý při používání samořezných šroubů. U příliš dlouhých samořezných šroubů jsou velmi nebezpečné řezné drážky. Důležité je, aby řezné drážky nevyčnívaly nad povrch kosti.



Obr. 4.12 Použití šroubů [6]

Zahloubení díry

Zahloubení průchozího otvoru se provádí, kvůli snížení kontaktního tlaku a k zabránění vyčnívání hlavy šroubu z kosti. Nemělo by to být nikdy prováděno za pomoci elektrického náradí.

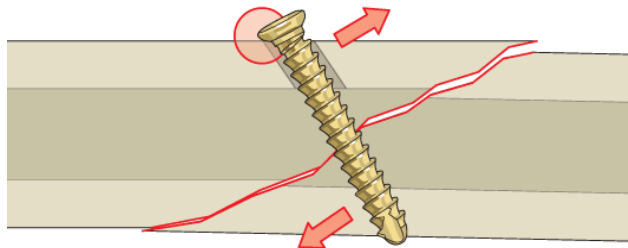


Obr. 4.13 Zahloubení díry [6]

Chybně provedené zahloubení

- Bez zahloubení

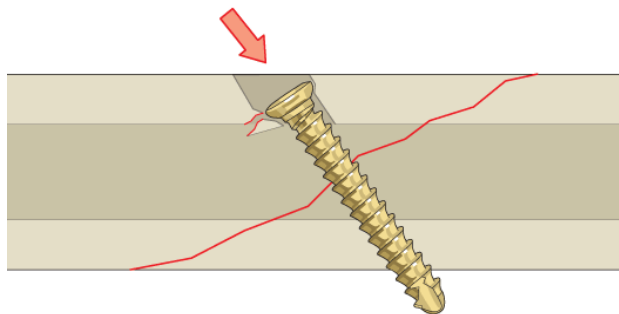
Pokud neprovedeme řádného zahloubení, může vznikat silová dvojice (moment), která může při utahování šroubu způsobit přesunutí jednotlivých fragmentů kosti.



Obr. 4.14 Bez zahloubení [7]

- Příliš velké zahloubení

Při zavádění šroubu, kostní dřeň nevyvíjí žádný odpor proti hlavě šroubu. Je proto důležité neodstranit při zahlubování veškerou hutnou kostní tkáň okolo hlavy šroubu. Pokud provedeme příliš hluboké zahloubení, dojde při utahování šroubu k vniknutí hlavy šroubu do kostní dřeně, a následně šroub nebude schopen komprese úlomků zlomeniny.

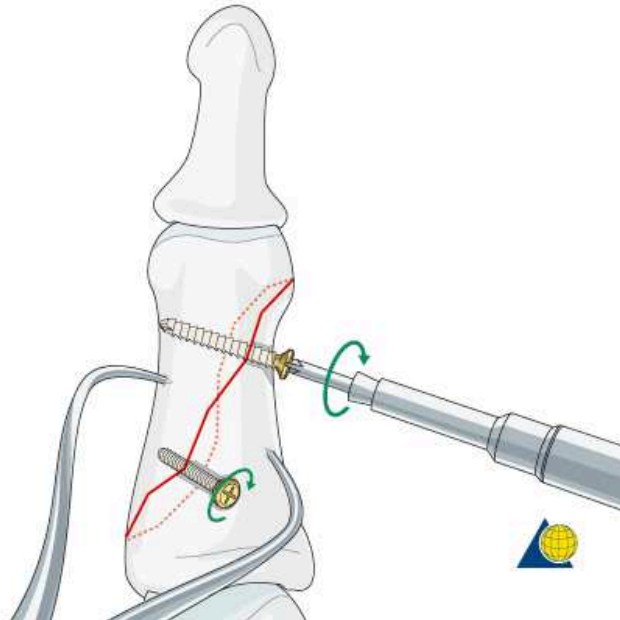


Obr. 4.15 Příliš velké zahloubení [7]

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Vložení šroubů

Nejdříve se vloží první šroub, ale bez utahování a stejně se připraví i druhý šroub. Je důležité utahovat oba šrouby střídavě, aby nedošlo k repozici zlomeniny.



Obr. 4.16 Fixace šrouby [6]

II PRAKTICKÁ ČÁST

5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

5.1 Požadavky na konstrukci přípravku

Přípravek by se měl vyznačovat jednoduchostí konstrukce, malými rozměry a nízkou hmotností. Je snahou navrhnout flexibilní přípravek pro rychlou a snadnou manipulaci. Přípravek by měl být složen z co nejmenšího počtu součástí. Zároveň musí mít dostatečnou tuhost konstrukce, která bude schopna přenést síly vyvozené kompresí fragmentů zlomeniny. Přípravek by měl umožňovat kompresi v délce cca 5 mm. Konstrukce přípravu musí umožnit provedení přesné repozice zlomeniny. Přípravek je určen pro správné zacílení K – drátu, vrtáků a pro zavedení vlastního šroubu. Zaváděné šrouby jsou o průměru 1 až 2 mm.

Přípravek musí umožňovat kolmé i šikmé vrtání až pod úhlem 45 stupňů. Výměnná pouzdra nesmí z přípravku samovolně vypadávat, na svém konci by měly mít koncovku, která se opře o vrtanou kost a nebude sjíždět. Přípravek musí být navržen tak, aby umožňoval opakovatelné mytí, desinfekci a sterilizaci. Nesmí obsahovat žádné ostré hrany, které by mohly zranit pacienta, nebo operační tým.

5.2 Varianty přípravku

Varianta „A“

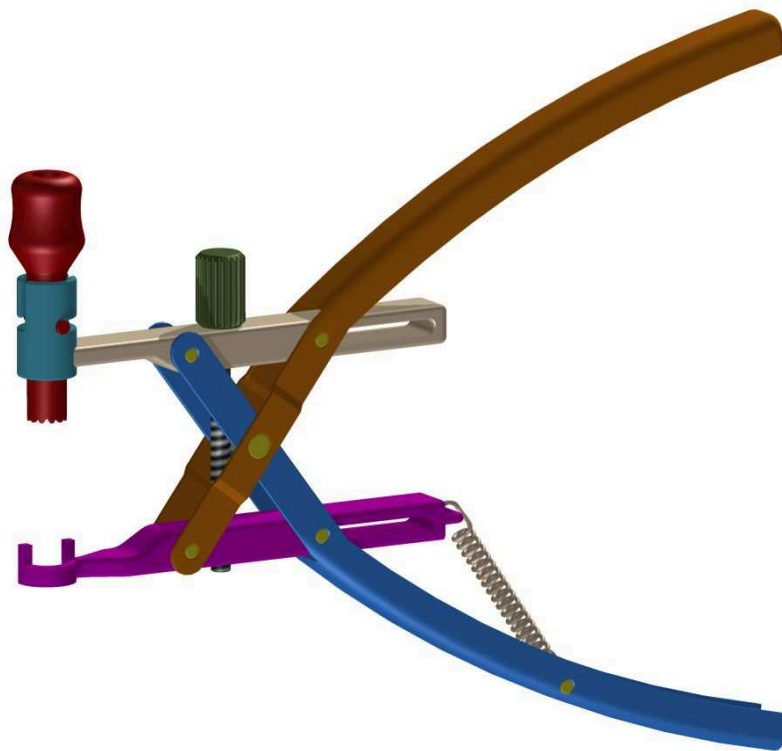


Obr. 5.1 Varianta „A“

Varianta „A“

Návrh má velké rozměry a hmotnost. Komprese se uskutečňuje stiskem madel, což přisouvá hrot k výměnnému pouzdra. Přisunutí není paralelní, při vrtání tak osa výměnného pouzdra nemusí jít přesně proti špičce hrotu. Úhel mezi osou pouzdra a rovinou špičky je tedy závislý na velikosti operované kosti, což je nevýhoda. Aretace polohy je umožněna zasunutím západky do hřebenu s drážkami. Západka je přitahována tažnou pružinou k hřebenu. Druhá pružina zajišťuje odtlačování madel od sebe. Výměnné pouzdro je upevněno pomocí bajonetového spoje, který se vyznačuje rychlou a snadnou obsluhou. Nevýhodou tohoto spoje může být jeho povolení, při možném odvrtávání šroubu z kosti. Model neumožňuje změření hloubky díry či potřebné délky šroubu. S takovouto konstrukcí přípravek umožňuje pouze vyvrtání otvoru bez zavedení šroubu při zachování komprese kosti.

Varianta „B“



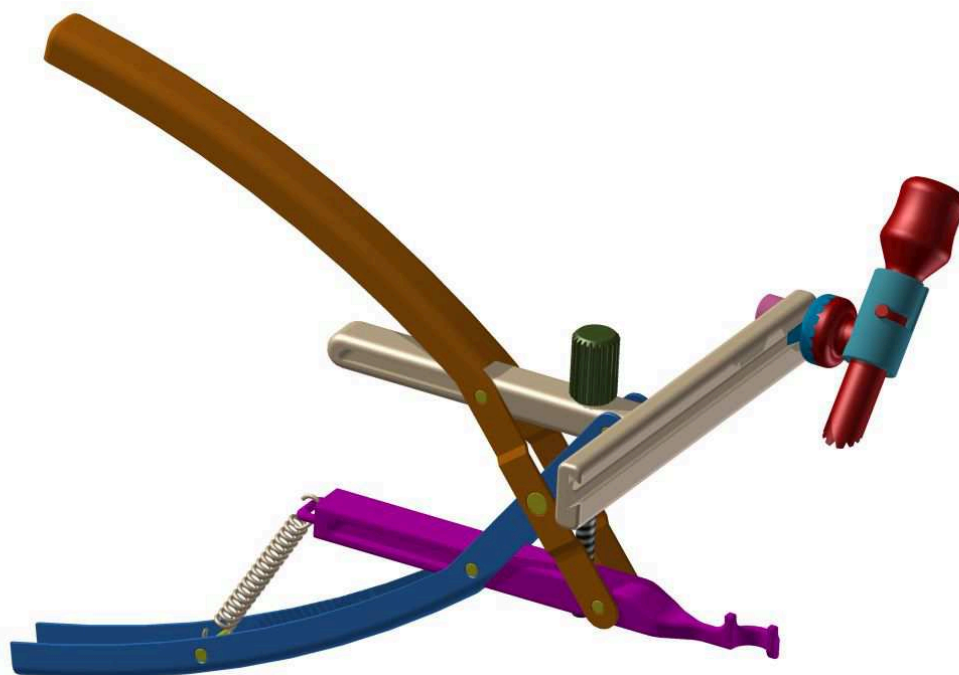
Obr. 5.2 Varianta „B“

Je rozměrově náročná, má velkou hmotnost a vysoký počet součástí. Komprese se uskutečňuje utahováním šroubu, který přisouvá hrot k výměnnému pouzdra. Aretace polohy vzniká samosvorností závitů. Pružina přitahuje horní a dolní madlo k sobě.

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Výměnné pouzdro je taktéž upevněno pomocí bajonetového spoje, stejně jako varianta „A“. Neumožňuje změření potřebné hloubky díry či potřebné délky šroubu. S takovouto konstrukcí přípravek umožňuje pouze vyvrtání otvoru bez zavedení šroubu při zachování komprese kosti. Vůči předchozí variantě má tento model výhodu v tom, že se hrot a výměnné pouzdro vůči sobě pohybují paralelně. Tím je zabezpečena souosost hrotu a pouzdra, která nemá za následek vznik ohybového momentu.

Varianta „C“

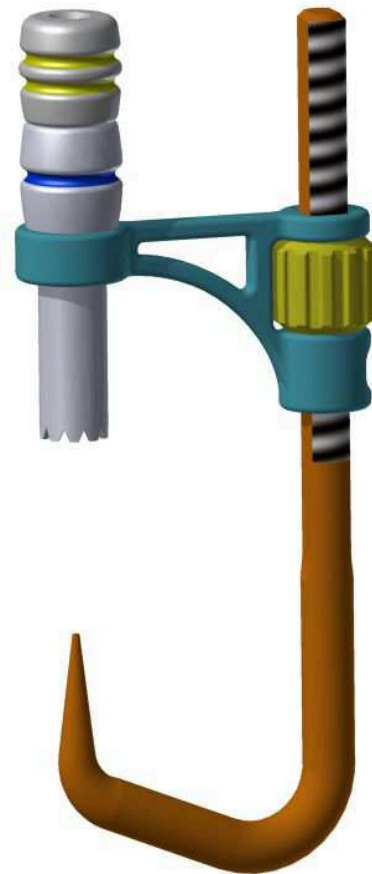


Obr. 5.3 Varianta „C“

Model se skládá z velkého množství komponent, je tak velmi komplikovaný. Umožňuje vysokou variabilitu polohy pouzdra, což je spíše nevýhoda přípravku. Výměnné pouzdro nemusí být nasměrováno přesně na špičku hrotu, čím může dojít ke kolizi při vrtání. Tyto vlastnosti dělají z modelu přípravek složitý na manipulaci s dlouhou přípravou před samotným vrtáním. Má velké rozměry a hmotnost. Komprese se uskutečňuje utahováním šroubu, který přisouvá hrot k výměnnému pouzdru. Aretace polohy vzniká samosvorností závitu. Při dotlačení pouzdra ke kosti během komprese vzniká ohybový moment, který má za následek vychýlení jednotlivých fragmentů kosti a znemožňuje tak přesnou repozici zlomeniny. Výměnné pouzdro je upevněno pomocí bajonetového spoje. Pružina přitahuje horní a dolní madlo k sobě. Model neumožňuje změření potřebné hloubky díry či potřebné délky šroubu.

Varianta „D“

Návrh má malé rozměry a nízkou hmotnost. Komprese se uskutečňuje utahováním matice, která posouvá paralelně hrot proti zaváděcímu pouzdru. Skládá se z malého množství součástí, vyznačuje se snadnou obsluhou. Přípravek obsahuje zaváděcí pouzdra sloužící k zavedení šroubů do kosti a vrtací pouzdra pro vedení vrtáku či K – drátu. Zaváděcí pouzdro je uchyceno v těle přípravku pomocí závitů. Vrtací pouzdro je se zaváděcím pouzdrem spojené také závit. Odměření hloubky díry či potřebné délky šroubu se uskutečňuje přes stupnici na hrotu.



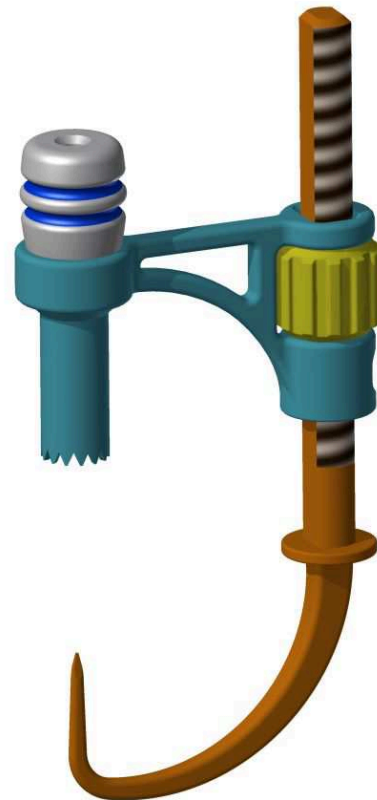
Obr. 5.4 Varianta „D“

Varianta „E“

Varianta „E“ je velmi podobná předchozímu modelu, tedy variantě „D“. Rozdíl je ve vytváření komprese. U této varianty se komprese uskutečňuje pohybem hrotu vůči pouzdru, které je již součástí těla přípravku. Proti předchozí variantě může mít model nevýhodu v tom, že se vždy pouzdro dotýká kosti velkým průměrem.

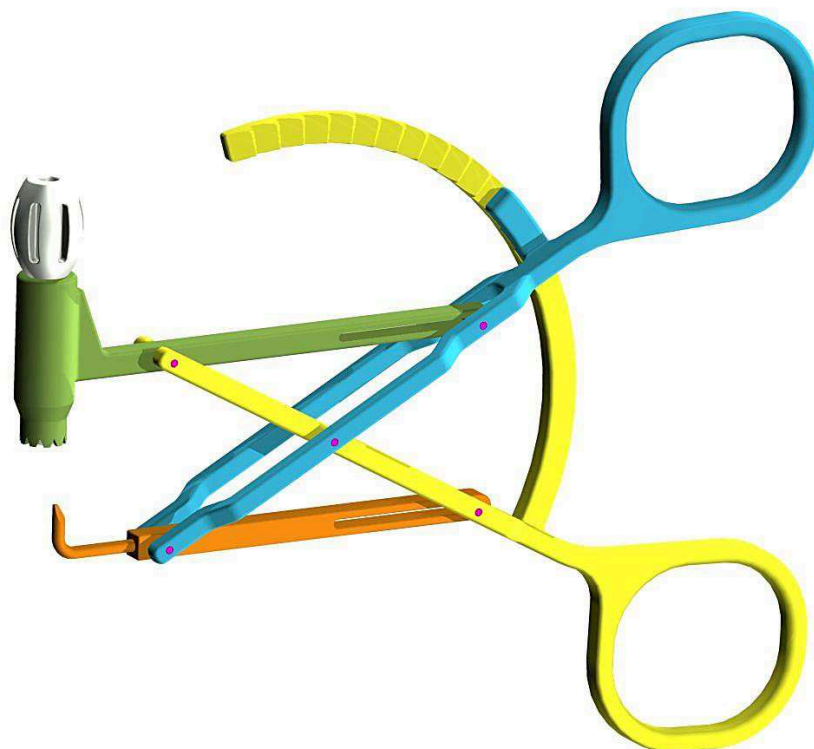
Varianta „F“

Model se vyznačuje jednoduchou konstrukcí, malými rozměry, nízkou hmotností se schopností jednoduché a rychlé manipulace. Model se skládá z dolní a horní rukojeti, ke kterým je připevněn hrot a pouzdro. Přípravek umožňuje provedení komprese, která se uskutečňuje přitlačováním hrotu proti pouzdru, které se pohybují vůči sobě paralelně. Dosednutím zubu dolní rukojeti do drážek v rukojeti horní, je zajištěna aretace polohy. Uvolnění



Obr. 5.5 Varianta „E“

z aretované polohy se uskutečňuje pouhým vyosením horní rukojeti vůči rukojeti dolní. Odměření potřebné hloubky díry se uskutečňuje přes stupnici na oblouku se zuby.



Obr. 5.6 Varianta „F“

5.3 Výběr výsledné varianty

Jako nejvhodnější model se mi jeví varianta „D“, proto ji dále blíže specifikuji, podrobím kontrolním výpočtům, včetně MKP analýzy a optimalizuji jednotlivé rozměry a tvary přípravku.

6 TECHNICKÁ ZPRÁVA

6.1 Komponenty přípravku

Tělo

Tělo přípravku je základní komponent, ke kterému se připevňují ostatní součásti přípravku. Obdélníkový otvor v těle přípravku slouží k zabránění otáčení hrotu při utahování matice. Pro uchycení pouzdra, sloužícího k zavádění šroubu, je tělo přípravku opatřeno závitem M7x1. Tělo přípravku obsahuje i nahlížecí otvor, přes který je možno odečítat hloubku vrtání, či potřebnou délku šroubu. Uprostřed těla je vybrání, sloužící k snížení váhy přípravku. Pro tělo přípravku jsem zvolil materiál DIN EN 1.4301.



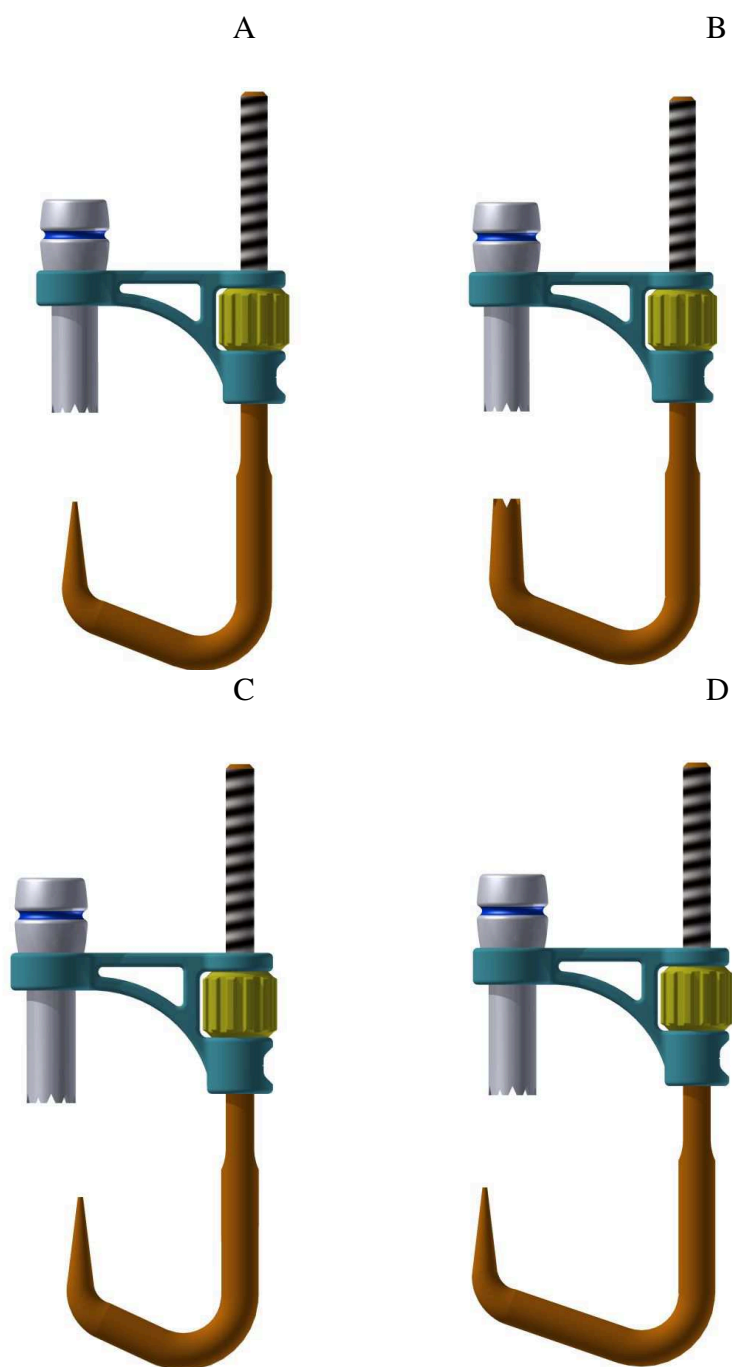
Obr. 6.1 Tělo přípravku

Matice

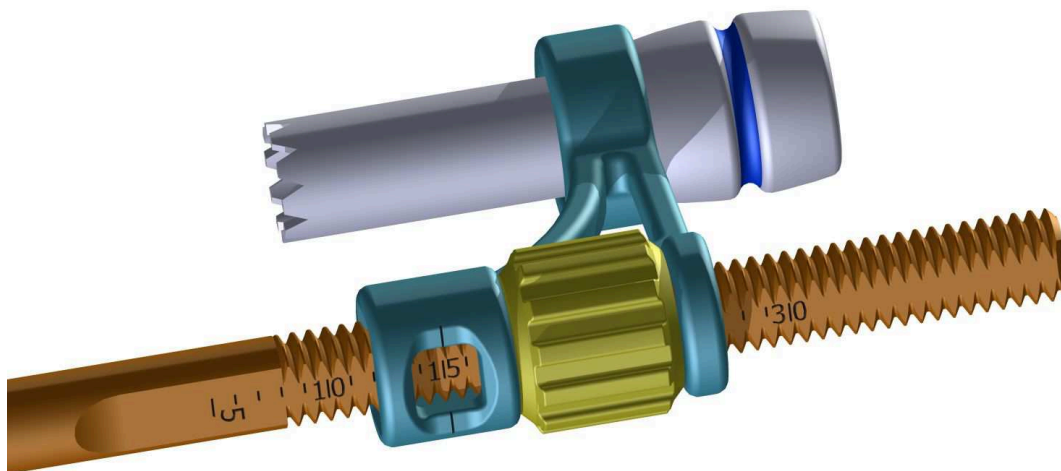
Matice je součástí šroubového mechanismu, sloužící k vytvoření komprese fragmentů kosti. Závít matice je M4x0,7. Použitý materiál je DIN EN 1.4301.



Obr. 6.2 Matice



Podle situace, si lékař může vybrat hrot, který je vhodný pro danou zlomeninu. Hrot obsahuje stupnici (viz obr. 6.4) sloužící k odečítání hloubky vrtání a potřebné délky šroubu.



Obr.6.4 Odečtení hloubky vrtání

Pouzdra

Přípravek obsahuje pouzdra pro zavádění K – drátu a šroubů o různých průměrech. Všechna pouzdra jsou vyrobena z materiálu DIN EN 1.4301.

Pouzdra pro šrouby

Zavádění šroubů se uskutečňuje přes dva typy pouzder:

- Prvním typem pouzdra je pouzdro zaváděcí (viz obr. 6.5). Zaváděcí pouzdro se připevňuje závitem M7x1 do těla přípravku. Slouží k zavádění šroubů, zároveň umožňuje zahroubení díry, průchod šroubováku a závitníku. Uvnitř díry je pouzdro opatřeno závitkem M5x0,8.
- Druhým typem pouzdra je pouzdro vrtací (viz obr. 6.6). Jeho funkcí je vedení vrtáku. Upevňuje se závitkem M5x0,8 k zaváděcímu pouzdru. V důsledku možnosti přípravku zavádět tažné šrouby, obsahuje přípravek dva typy vrtacích pouzder. Jsou to pouzdra sloužící k vrtání závitového, nebo kluzného otvoru.



Obr. 6.5 Zaváděcí pouzdro







Obr. 6.6 Vrtací pouzdro

Značení pouzder pro šrouby

Pouzdra mohou mít jeden, nebo dva proužky. Jeden proužek značí upevňování pouzdra do přípravku jako první, mají ho tedy pouze pouzdra zaváděcí. Dva proužky symbolizují vkládání pouzdra až jako druhého v řadě, obsahují ho tedy vrtací pouzdra. Pouzdra jsou odlišena i barevně (viz tab. 7). Je vhodné proužky stejné barvy označit i vrtáky, aby si lékař vybral odpovídající vrták patřící k danému vrtacímu pouzdru.

Tab. 7: Značení pouzder pro šrouby, průměry vrtáků a hlav šroubů

Šroub tahový	Pouzdro pro vytvoření závitového otvoru		Pouzdro pro vytvoření kluzného otvoru		Zaváděcí pouzdro	
	Průměr vrtáku [mm]	Značení pouzdra	Průměr vrtáku [mm]	Značení pouzdra	Průměr hlavy šroubu [mm]	Značení pouzdra
Velký průměr závitu [mm]						
1,0	0,76		1,0		2,0	
1,3	1,0		1,3		2,5	
1,5	1,1		1,5		3,0	
2,0	1,5		2,0		4,0	

Je tedy k dispozici sada deseti pouzder pro šrouby. Tyto pouzdra jsou zkonstruována pro zavádění tažných šroubů o průměru 1 mm až 2 mm od společnosti Synthes.

Pouzdra pro K-dráty

Přípravek umožňuje i zavádění K-drátů. Pouzdra jsou přizpůsobeny pro průměry K-drátů do průměru 2 mm, které nabízí firma Medin a. s. Jedná se o průměry 0,8 mm; 1,0 mm; 1,2 mm; 1,5 mm; 1,8 mm; 2,0 mm. K dispozici je tedy šest pouzder k vedení K – drátu.

Značení pouzder pro K-drát

Všechna tato pouzdra jsou laserově označena značkou „K“, aby byla odlišena od pouzder pro šrouby. Každé pouzdro má pruh jiné barvy (viz tab. 8), kterým je označen i vrták, odpovídající danému pouzdru. Tímto je eliminováno riziko, že lékař použije vrták, který není určen pro dané pouzdro.

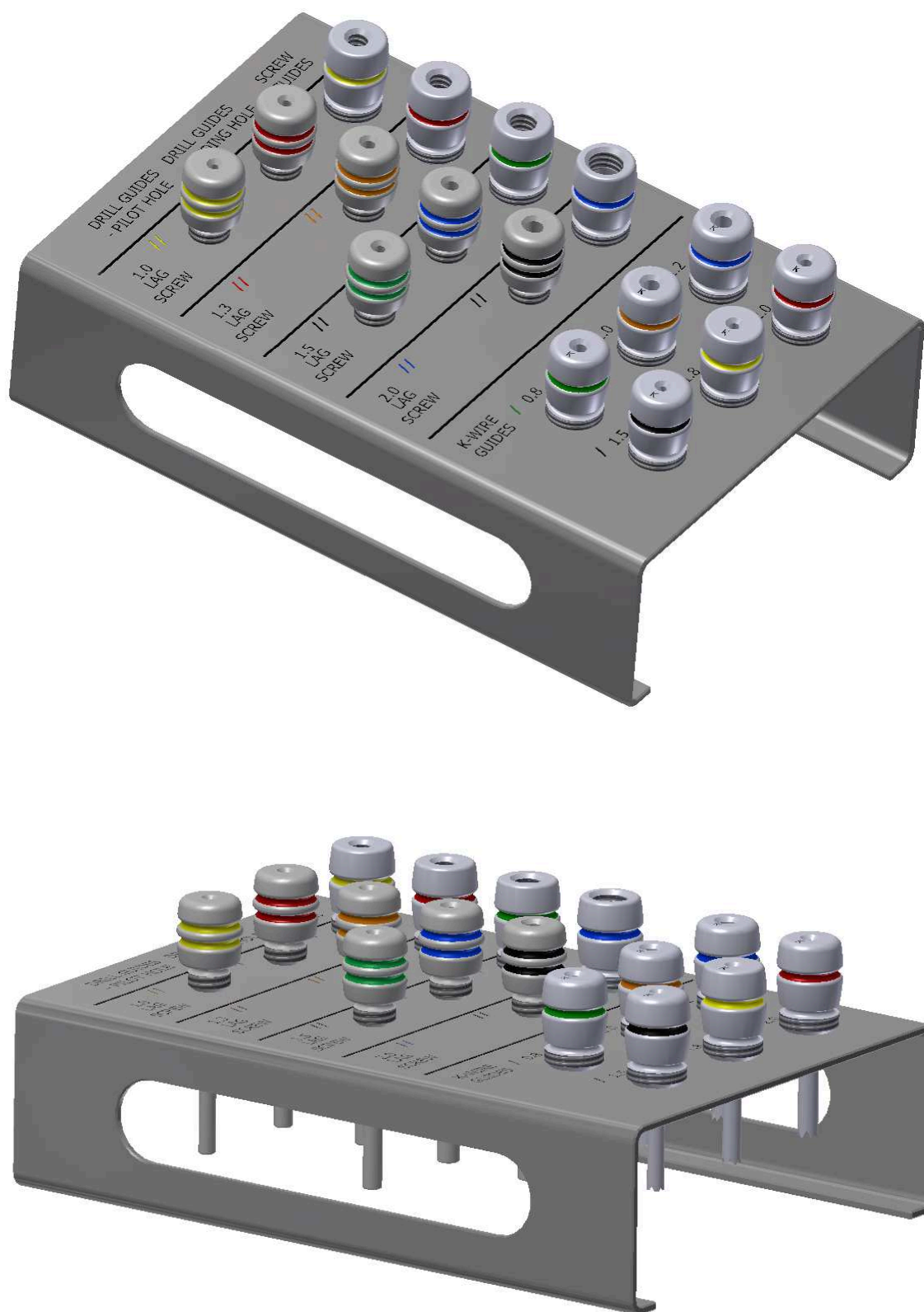


Obr. 6.7 Pouzdro pro K-drát

Tab. 8: Značení pouzder pro K-drát, průměry vrtáků

<i>Pouzdra pro K-drát</i>	
Průměr vrtáku [mm]	Značení pouzdra
0,8	K ■
1,0	K ■
1,2	K ■
1,5	K ■
1,8	K ■
2,0	K ■

Pro přehledné uskladnění a rychlé použití pouzder během operace jsem navrhl plát, do kterého se vkládají všechny typy pouzder (viz níže, obr. 6.8). Přehlednost plátu je zabezpečena laserovým značením. Plát je navržen z nerezové oceli DIN EN 1.4301, takže je vhodný pro dezinfekci a sterilizaci.



Obr. 6.8 Plát s pouzdry

6.2 Výpočtová část [2, 3]

Vztahy do výpočtové části jsem použil ze skript pana doc. Ing. Květoslava Kalába, Ph.D.

6.2.1 Šroubové spojení zaváděcího pouzdra s tělem přípravku

Výpočet velikosti závitu šroubu d

Pro výpočet jsem zvolil velikost osově síly, která působí na zaváděcí pouzdro $F_0 = 30$ N.

Návrhový zjednodušený výpočet

Zaváděcí pouzdro je vyrobeno z materiálu DIN EN 1.4301, jehož jeho nižší smluvní mez kluzu je pro podélné namáhání a je rovno $R_{p0,2-1.4301} = 210$ MPa (viz tab. 4, str. 25).

$$\sigma_t \cdot \beta \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{0P}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3'}{2}\right)^2} \cdot \beta \leq \frac{R_{p0,2-1.4301}}{k_s}$$

$$d_3' \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot k_s \cdot F_{0P}}{\pi \cdot R_{p0,2-1.4301}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,3 \cdot 3 \cdot 30}{\pi \cdot 210}} = 0,84 \text{ mm} \quad (1)$$

Kde:

σ_t	Tahové napětí	[MPa]
σ_{Dt}	Dovolené tahové napětí	[MPa]
β	Součinitel přidavného krutu	[-]
d_3'	Předběžný malý průměr závitu	[mm]
F_{0P}	Osová síla působící na zaváděcí pouzdro	30 [N]
k_s	Součinitel statické bezpečnosti	1,3 [-]
$R_{p0,2-1.4301}$	Smluvní mez kluzu materiálu DIN EN 1.4301	210 [MPa]

Z konstrukčních důvodů volím závit M7x1.

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Tab. 9: Parametry metrického závitu M7x1

P_h	d	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3	α
1 mm	7,000 mm	6,350 mm	5,917 mm	5,773 mm	60°

Úplná pevnostní kontrola

Z hlediska způsobu působení sil na spoj, provedu úplnou pevností kontrolu stejně, jako se provádí pro nepředepjatý šroubový spoj.

$$k_s = \frac{R_{p0,2-1.4301}}{\sigma_t} \geq 1,5 \quad (2)$$

$$k_s = \frac{210}{1,15} = 182,6 > 1,5 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kde:

$$\sigma_t = \frac{F_{0p}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2} = \frac{30}{\pi \cdot \left(\frac{5,773}{2}\right)^2} = 1,15 \text{ MPa} \quad (3)$$

Kde:

k_s	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
σ_t	Tahové napětí	[MPa]
$R_{p0,2-1.4301}$	Smluvní mez kluzu materiálu DIN EN 1.4301	210 [MPa]
F_{0p}	Osová síla působící na zaváděcí pouzdro	30 [N]
d_3	Malý průměr závitu M7x1	[mm]

Kontrola samosvornosti

$$\psi = \text{artg}\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \text{artg}\left(\frac{1}{\pi \cdot 6,350}\right) = 2,87^\circ \quad (4)$$

$$\varphi' = \text{artg}\left(\frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}}\right) = \text{artg}\left(\frac{0,150}{\cos \frac{60}{2}}\right) = 9,83^\circ \quad (5)$$

$$\psi \leq \varphi' \quad (6)$$

$2,87^\circ < 9,83^\circ \Rightarrow$ Závít je samosvorný.

Výpočet utahovacího momentu

$$M_U = M_{TZ} \quad (7)$$

$$M_U = F_{0P} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} = 30 \cdot \operatorname{tg}(2,87 + 9,83) \cdot \frac{6,350}{2} = 21,47 \text{ N.mm} \quad (8)$$

Kde:

M_U	Utahovací moment	[N.mm]
M_{TZ}	Moment tření v závitu	[N.mm]
ψ	Úhel stoupání závitu	[°]
φ'	Redukovaný třecí úhel závitu	[°]
P_h	Stoupání závitu M7x1	1 [mm]
f_z	Součinitel smykového tření v závitu	0,150 [-]
α	Vrcholový úhel závitu M7x1	60[°]
d_2	Střední průměr závitu M7x1	6,350 [mm]
F_{0P}	Osová síla působící na zaváděcí pouzdro	30 [N]

Výpočet velikosti výšky matice h

Pro určení potřebné velikosti matice, se vychází nepřímo z kontroly měrného tlaku v závitech. V kontrole, předpokládám rovnoměrné rozložení tlaku v závitech.

$$p \leq p_D$$

$$\frac{F_{0P}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z} \leq p_D \quad (9)$$

$$z \geq \frac{F_{0P}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} = \frac{30}{\pi \cdot 6,350 \cdot 0,542 \cdot 20} = 0,139 \text{ mm} \quad (10)$$

Kde:

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{7 - 5,917}{2} = 0,542 \text{ mm} \quad (11)$$

$$h_t = \frac{z \cdot P_h}{n} = \frac{0,139 \cdot 1}{1} = 0,139 \text{ mm} \quad (12)$$

Minimální výška závitu v těle přípravku je rovna 0,139 mm (viz výpočet 12). Z konstrukčních důvodů volím výšku závitu v těle přípravku $h_t = 2$ mm.

Kde:

p	Měrný tlak	[MPa]
H_1	Nosná výška závitu	[mm]
z	Počet závitů	[-]
h_t	Výška závitu v těle přípravku	[mm]
p_D	Dovolený měrný tlak (ocel-ocel)	20 [MPa]
n	Počet chodů závitu	1 [-]
F_{0P}	Osová síla působící na zaváděcí pouzdro	30 [N]
d	Velký průměr závitu M7x1	7,000 [mm]
D_1	Malý průměr závitu M7x1	5,917 [mm]
d_2	Střední průměr závitu M7x1	6,350 [mm]
P_h	Stoupání závitu M7x1	1 [mm]

6.2.2 Šroubové spojení hrotu s maticí

Výpočet velikosti závitu šroubu d

Působící osová síla na hrot je stejné velikosti jako u předchozího spojení. Uvažuji tedy $F_{0H} = 30$ N.

Návrhový zjednodušený výpočet

Materiál hrotu jsem zvolil DIN EN 1.4021, který má velikost smluvní mez kluzu $R_{p0,2-1.4021} = 450$ MPa (viz tab. 2, str. 24).

$$\sigma_t \cdot \beta \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F_{0P}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3'}{2}\right)^2} \cdot \beta \leq \frac{R_{p0,2-1.4021}}{k_s}$$

$$d_3' \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot k_s \cdot F_{0P}}{\pi \cdot R_{p0,2-1.4021}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,3 \cdot 3 \cdot 30}{\pi \cdot 450}} = 0,56 \text{ mm} \quad (13)$$

Kde:

σ_t	Tahové napětí	[MPa]
σ_{Dt}	Dovolené tahové napětí	[MPa]
β	Součinitel přidavného krutu	[-]
d_3'	Předběžný malý průměr závitu	[mm]
F_{0P}	Osová síla působící na hrot	30 [N]
k_s	Součinitel statické bezpečnosti	1,3 [-]
$R_{p0,2-1.4021}$	Smluvní mez kluzu materiálu DIN EN 1.4021	450 [MPa]

Z konstrukčních důvodů volím závit M4x0,7.

Tab. 10: Parametry metrického závitu M4x0,7

P_h	d	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3	α
0,7 mm	4,000 mm	3,545 mm	3,242 mm	3,141 mm	60°

Úplná pevnostní kontrola

Z hlediska způsobu působení sil na spoj, provedu úplnou pevností kontrolu stejně, jako se provádí pro nepředepjatý šroubový spoj. Z důvodu odfrézování závitu na bocích hrotu, je nosná plocha průřezu dřívku na hrotu zmenšena.

$$k_s = \frac{R_{p0,2-1.4021}}{\sigma_t} \geq 1,5$$

(14)

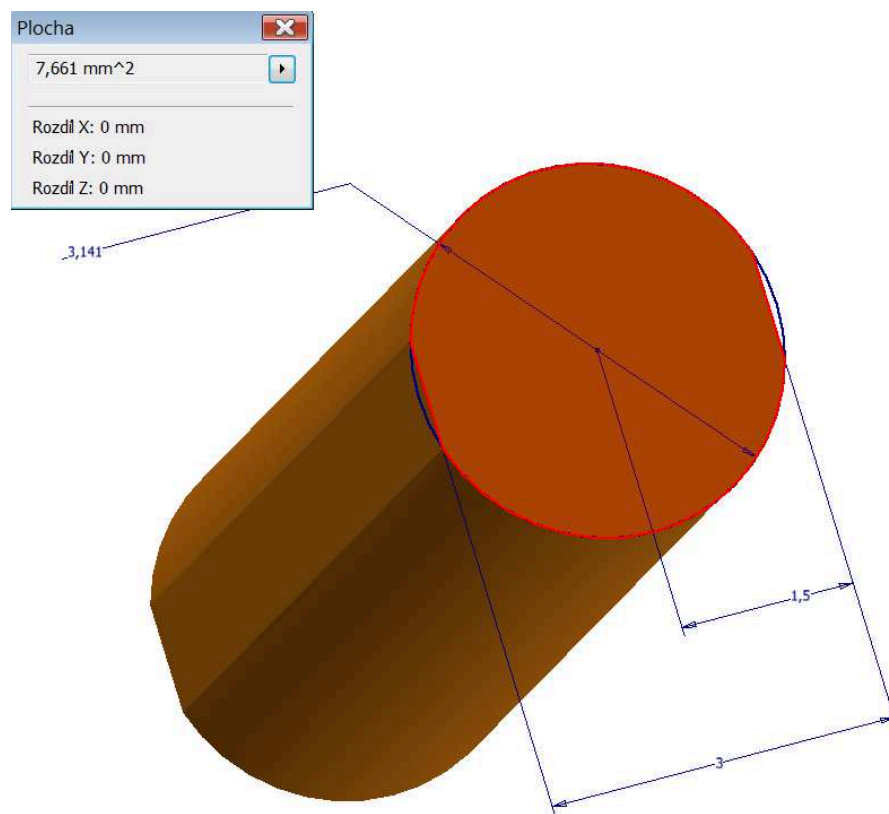
$$k_s = \frac{450}{3,92} = 114,8 > 1,5 \Rightarrow \text{Vyhovuje} \quad (14)$$

Kde:

$$\sigma_t = \frac{F_{0H}}{S} = \frac{30}{7,661} = 3,92 \text{ MPa} \quad (15)$$

Určení plochy průřezu dřívku

Určení velikosti nosné plochy průřezu dřívku jsem provedl v programu Autodesk Inventor Professional 2013. Velikost nosné plochy byla naměřena 7,661 mm².



Obr. 6.9 Určení plochy průřezu dřívku hrotu

Kde:

k_s	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
σ_t	Tahové napětí	[MPa]
$R_{p0,2-1.4021}$	Smluvní mez kluzu materiálu DIN EN 1.4021	450 [MPa]
F_{0H}	Osová síla působící na hrot	30 [N]
S	Plocha průřezu dřívku hrotu	7,661 [mm ²]

Kontrola samosvornosti

$$\psi = \operatorname{artg}\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \operatorname{artg}\left(\frac{0,7}{\pi \cdot 3,545}\right) = 3,59^\circ \quad (16)$$

$$\varphi' = \operatorname{artg}\left(\frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}}\right) = \operatorname{artg}\left(\frac{0,150}{\cos \frac{60}{2}}\right) = 9,83^\circ \quad (17)$$

$$\psi \leq \varphi' \quad (18)$$

$3,59^\circ < 9,83^\circ \Rightarrow$ Závít je samosvorný.

Výpočet utahovacího momentu

$$M_U = M_{TZ} \quad (19)$$

$$M_U = F_{0H} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} = 30 \cdot \operatorname{tg}(3,59 + 9,83) \cdot \frac{3,545}{2} = 25,38 \text{ N.mm} \quad (20)$$

Kde:

M_U	Utahovací moment	[N.mm]
M_{TZ}	Moment tření v závitu	[N.mm]
ψ	Úhel stoupání závitu	[°]
φ'	Redukovaný třecí úhel závitu	[°]
P_h	Stoupání závitu	0,7 [mm]
f_z	Součinitel smykového tření v závitu	0,150 [-]
α	Vrcholový úhel závitu	60 [°]
d_2	Střední průměr závitu M4x0,7	3,545 [mm]
F_{0H}	Osová síla působící na hrot	30 [N]

Výpočet velikosti výšky matice h

$$p \leq p_D$$

$$\frac{F_{0H}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z} \leq p_D \quad (21)$$

$$z \geq \frac{F_{0H}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} = \frac{30}{\pi \cdot 3,545 \cdot 0,379 \cdot 20} = 0,355 \text{ mm} \quad (22)$$

Kde:

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{4 - 3,242}{2} = 0,379 \text{ mm} \quad (23)$$

$$h = \frac{z \cdot P_h}{n} = \frac{0,355 \cdot 0,7}{1} = 0,249 \text{ mm} \quad (24)$$

Minimální výška matice je rovna 0,249 mm. Z konstrukčních důvodů volím výšku matice 7 mm.

Kde:

p	Měrný tlak	[MPa]
H_1	Nosná výška závitu	[mm]
z	Počet závitů	[-]
h	Výška matice	[mm]
p_D	Dovolený měrný tlak (ocel-ocel)	20 [MPa]
n	Počet chodů závitu	1 [-]
F_{0H}	Osová síla působící na hrot	30 [N]
d	Velký průměr závitu M4x0,7	4,000 [mm]
D_1	Malý průměr závitu M4x0,7	3,242 [mm]
d_2	Střední průměr závitu M4x0,7	3,545 [mm]
P_h	Stoupání závitu M4x0,7	0,7 [mm]

6.3 MKP analýza

Pro MKP analýzu používám software Autodesk Inventor 2013. Kontrolu provádím na čtyřech modelech, které se liší podle použitého hrotu. V analýze kontroluji:

- Napětí Von Mises.
- Posunutí.

MKP model je zatížen silou, která je vyvozena při utahování matice. Její reakční složky působí na hrot i pouzdro stejnou silou. Velikost síly je zvolena 30 N. Všechny analýzy modelů jsem provedl při nastavení přípravku na jeho maximální možnou délku, tedy kdy je hrot vytočen ven, co nejvíce z přípravku. Toto rozpoložení přípravku jsem si zvolil, protože že je model nejvíce namáhán od sil, které působí na delších ramenech.

MKP analýza modelu s hrotem „v ose“

Okrajové podmínky

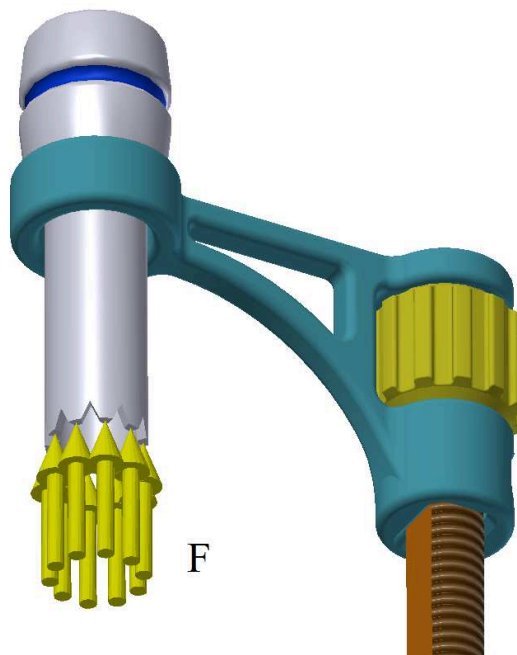
Materiál

Pro všechny komponenty přípravku byl zvolen materiál - nerezová ocel.

Zatížení

Síla působící na pouzdro

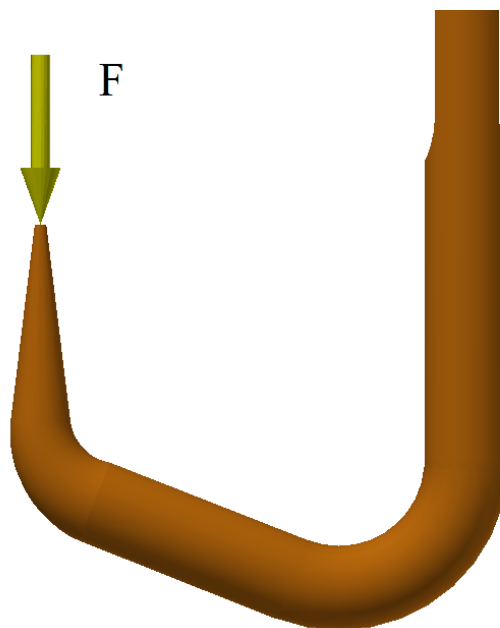
Síla působící na pouzdro je rozdělena na 14 sil, které rovnoměrně působí na jednotlivé plochy špičky pouzdra. Celkové zatížení pouzdra je rovno $F = 30\text{N}$.



Obr. 6.10 Zatížení pouzdra

Síla působící na hrot

Síla zatěžující hrot je jedna o velikosti $F = 30\text{N}$. Působí rovnoběžně se silami zatěžující pouzdro.



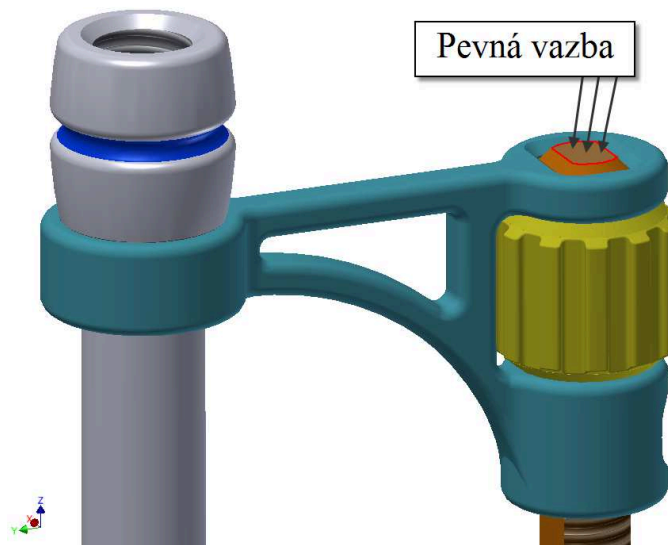
Obr. 6.11 Zatížení hrotu „v ose“

Nastavení vazby

Zvolil jsem pevnou vazbu, kterou jsem umístil na vrchol hrotu, v místě počátku závitu (viz obr. 6.11).

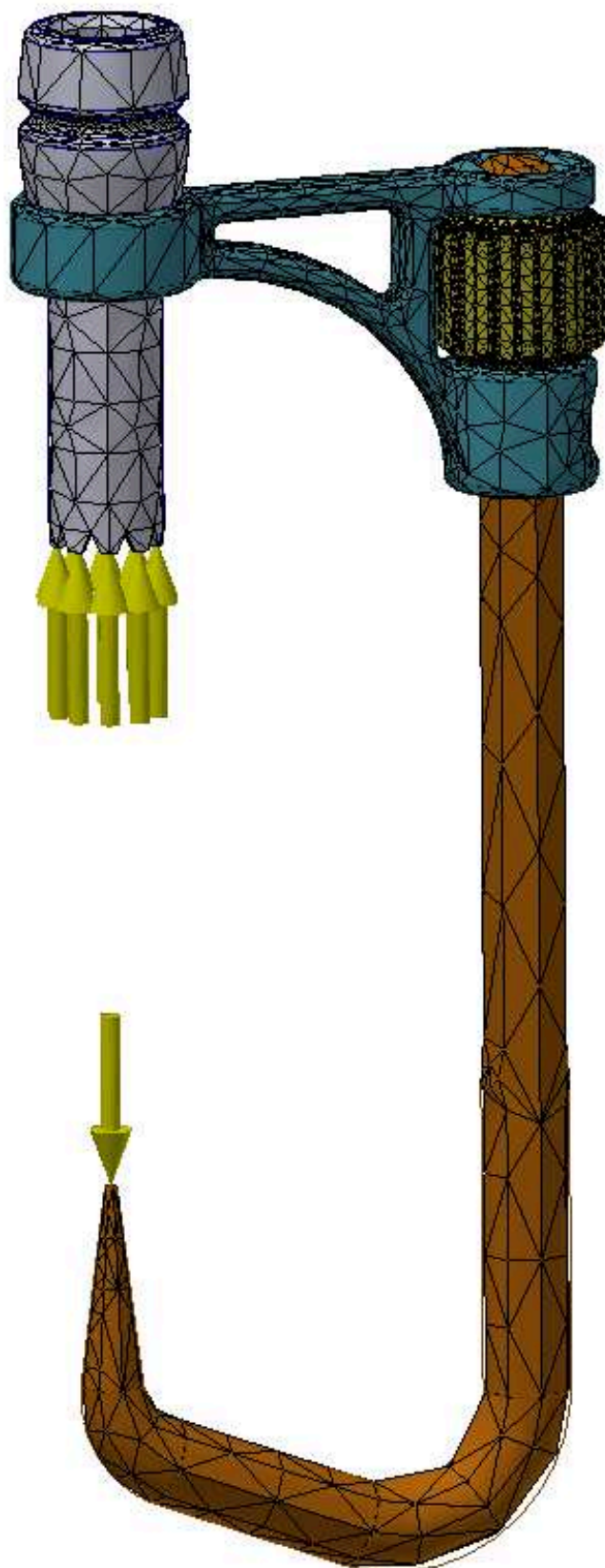
Nastavení dotyků

U obou závitových spojení jsem nastavil dotyk - vázaný. V místech, kde se hrot posouvá v těle přípravku, jsem nastavil dotyk - posouvání bez oddělení. V ostatních stykových místech jsem zvolil dotyk – separace.



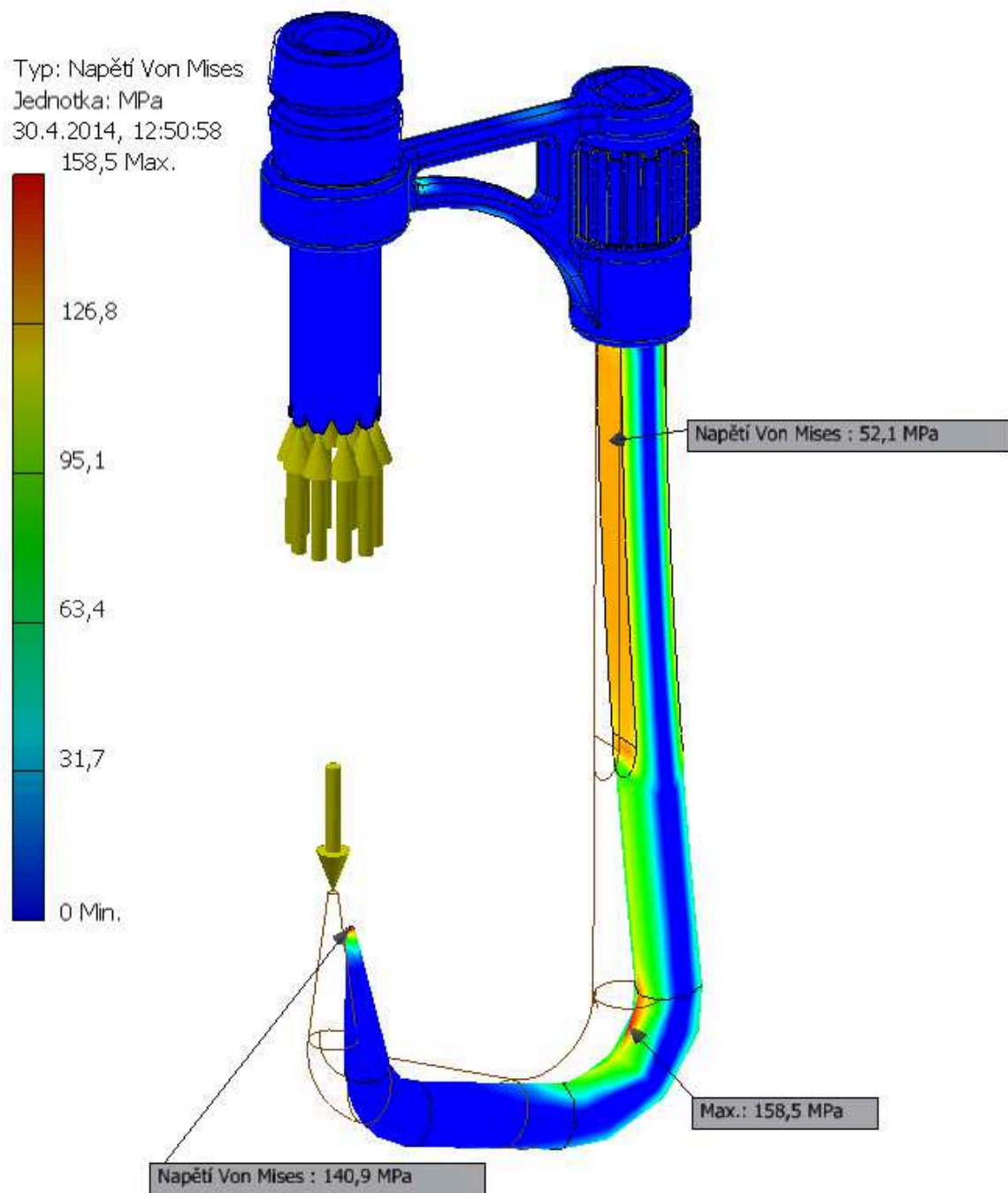
Obr. 6.12 Umístění pevné vazby

Pohled sítě

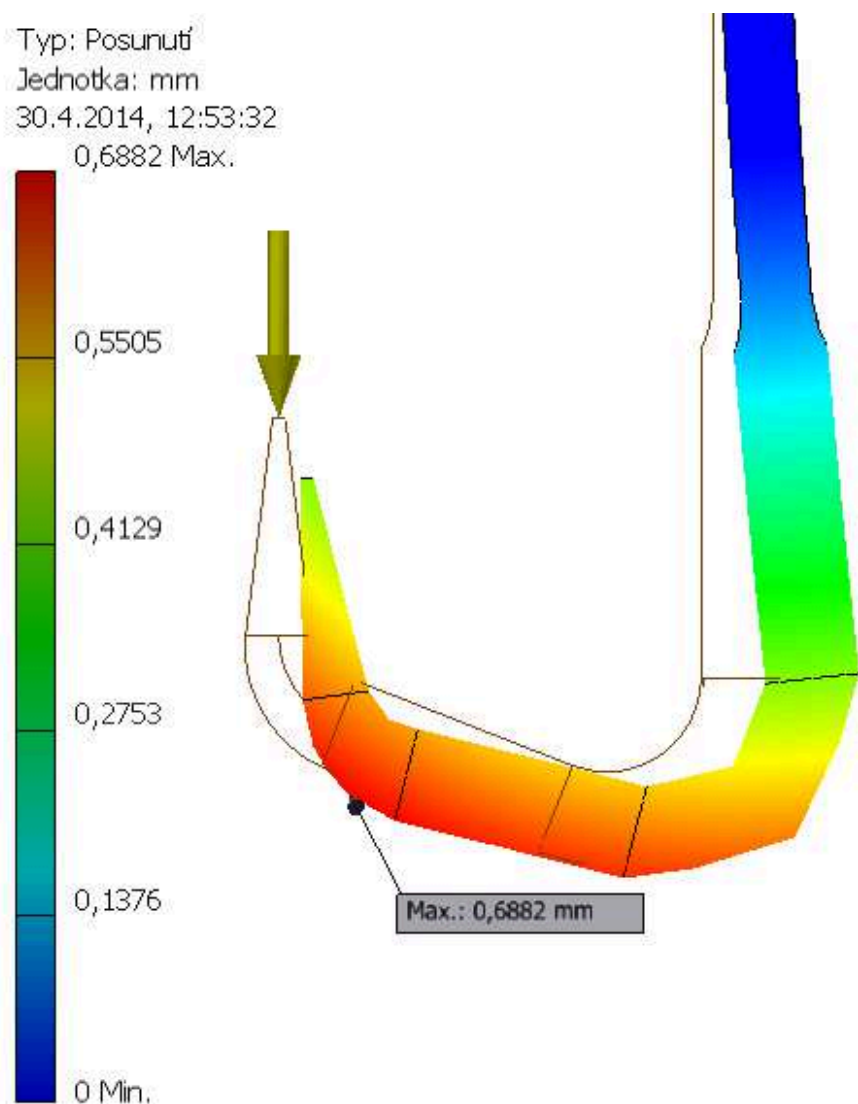


Obr. 6.13 Pohled sítě modelu s hrotem „v ose“

Výsledky analýzy



Obr. 6.14 Napětí Von Mises modelu s hrotem „v ose“



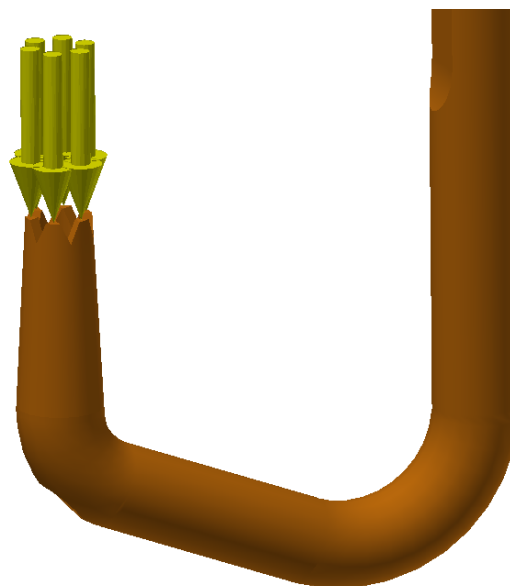
Obr. 6.15 Posunutí modelu s hrotem „v ose“

Maximální hodnota napětí Von Mises se nachází v zaoblení ramene hrotu. Její hodnota je rovna 158,5 MPa. Největší posunutí se nachází pod špičkou hrotu, které má velikost 0,69 mm.

MKP analýza modelu s hrotem ve tvaru pouzdra

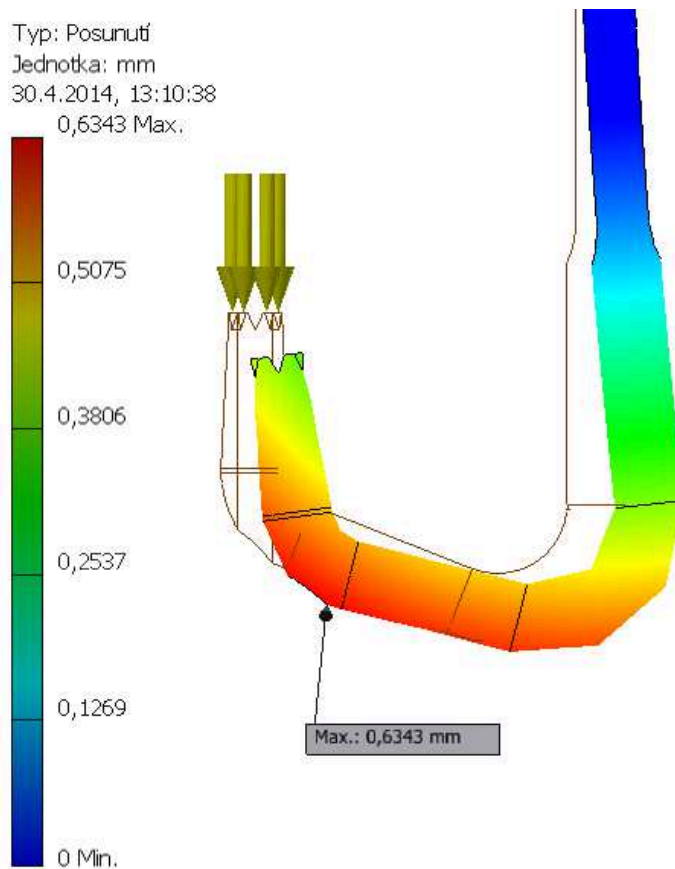
Okrajové podmínky

Okrajové podmínky jsou zvoleny stejně jako u předchozí MKP analýzy. Jediný rozdíl je v rozložení sil působících na hrot ve tvaru pouzdra. Na hrot působí šest rovnoběžných sil, každá o velikosti 5 N. Celkové zatížení na hrot je tedy $F = 30\text{ N}$ (viz obr. 6.15).



Obr. 6.16 Zatížení hrotu ve tvaru pouzdra

Výsledky analýzy



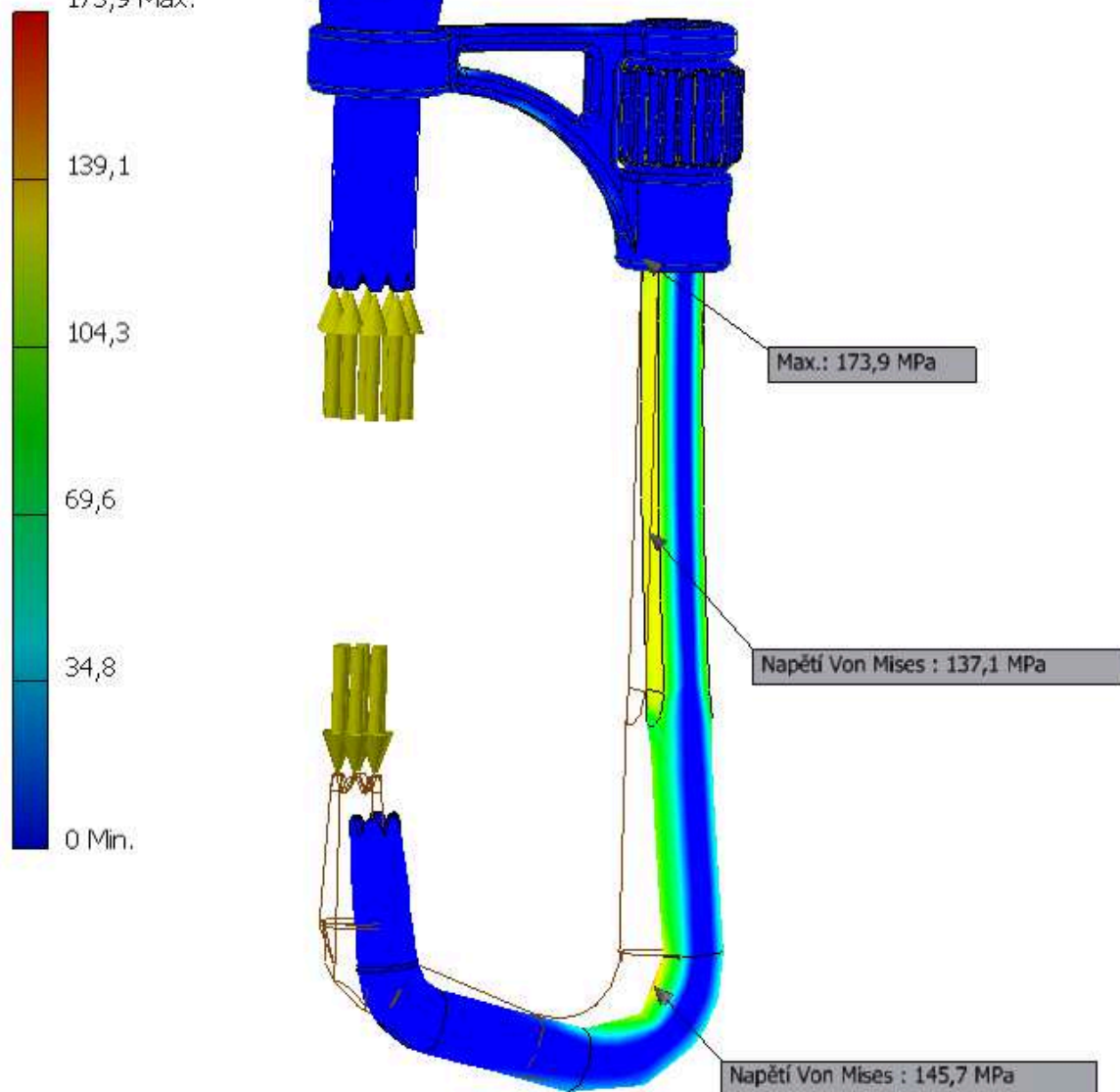
Obr. 6.17 Posunutí modelu s hrotem ve tvaru pouzdra

Typ: Napětí Von Mises

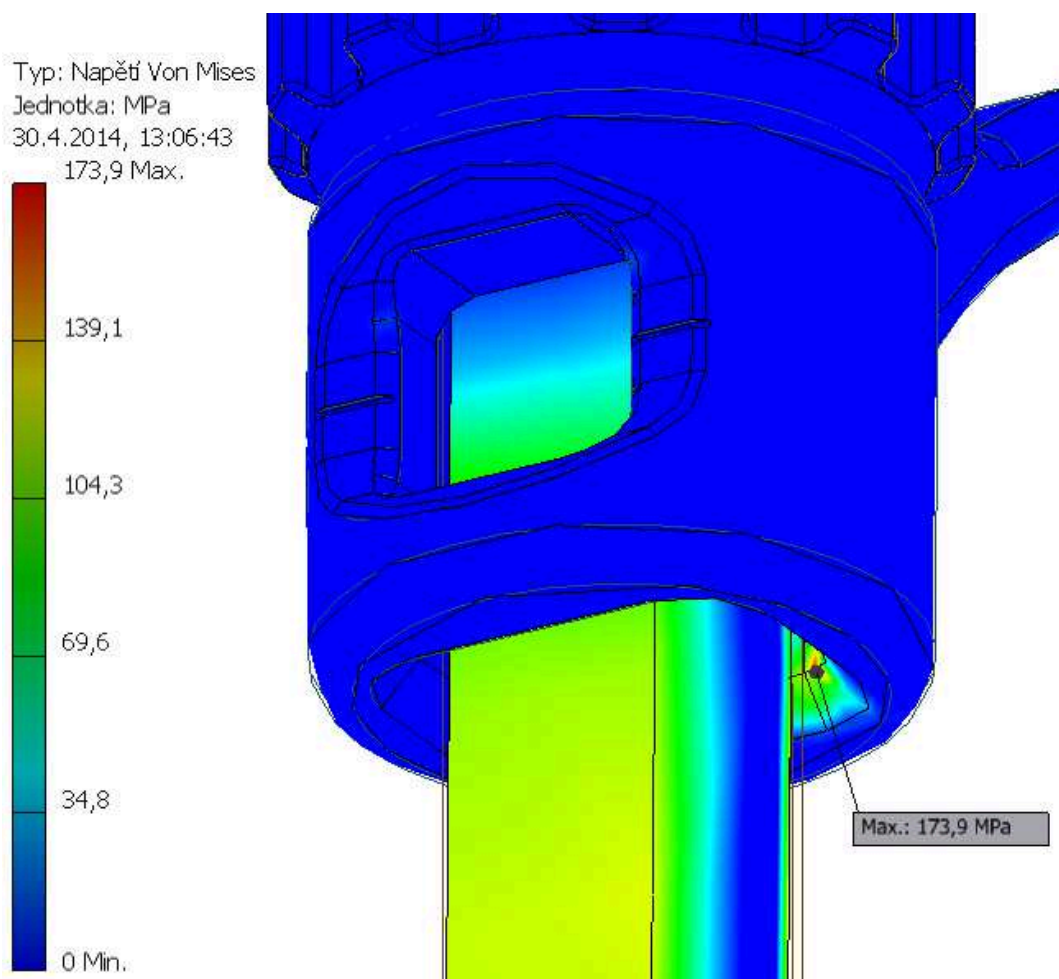
Jednotka: MPa

30.4.2014, 13:06:43

173,9 Max.



Obr. 6.18 Napětí Von Mises modelu s hrotem ve tvaru pouzdra



Obr. 6.19 Max. napětí Von Mises modelu s hrotem ve tvaru pouzdra

Nejvyšší hodnota posunutí je umístěna stejně jako u předchozí analýzy. Její hodnota je 0,63 mm. Bylo zvýšeno maximální napětí Von Mises na hodnotu 173,9 MPa, které se vyskytuje ve sražení hrany otvoru v těle přípravku.

MKP analýza modelu s kratším ramenem hrotu

Okrajové podmínky

Okrajové podmínky jsou nastaveny stejně jako u předchozích analýz. Zatížení hrotu je provedeno stejně, jako u první MKP analýzy. Na špičku hrotu tedy působí síla o velikosti $F = 30\text{N}$.

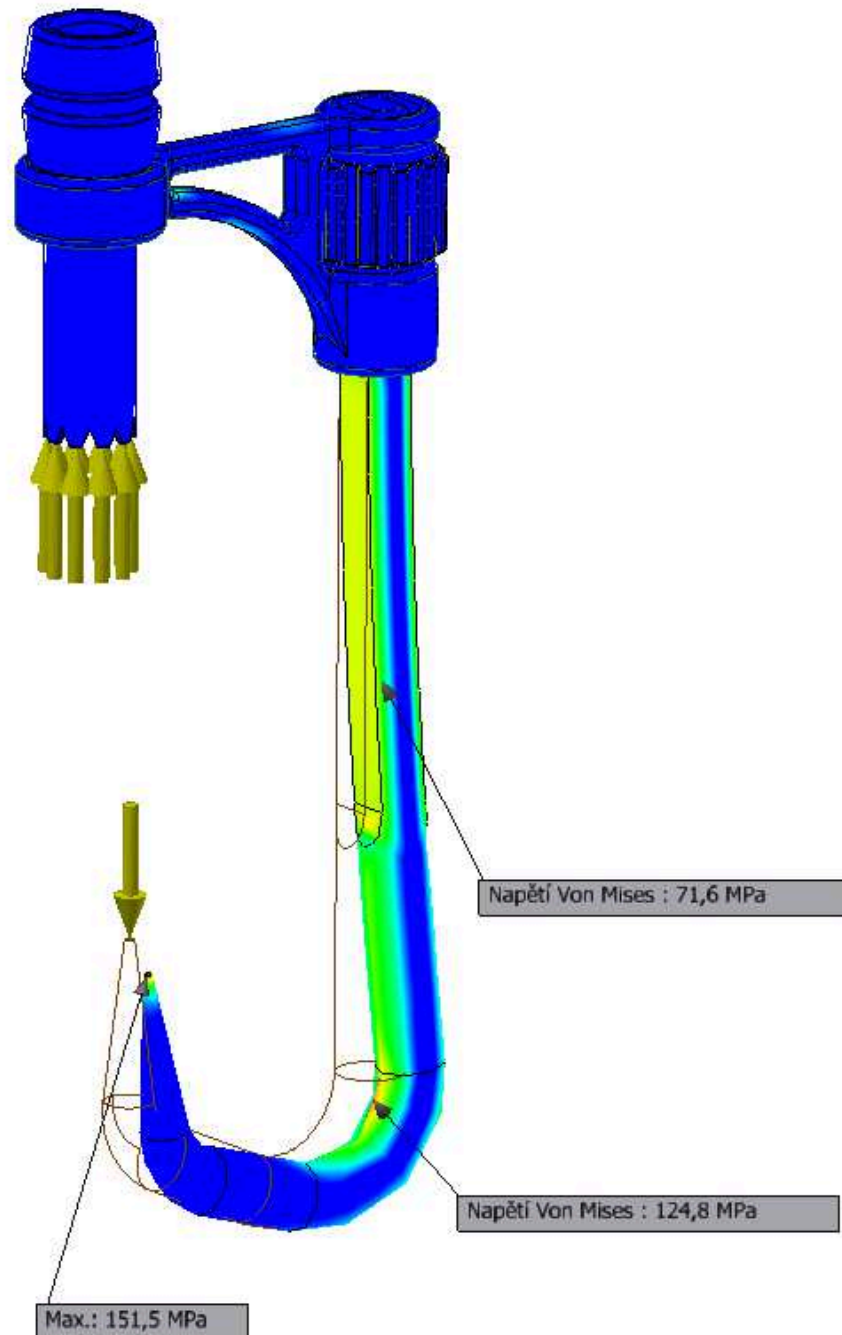
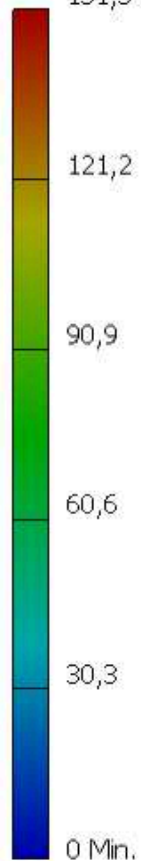
Výsledky analýzy

Typ: Napětí Von Mises

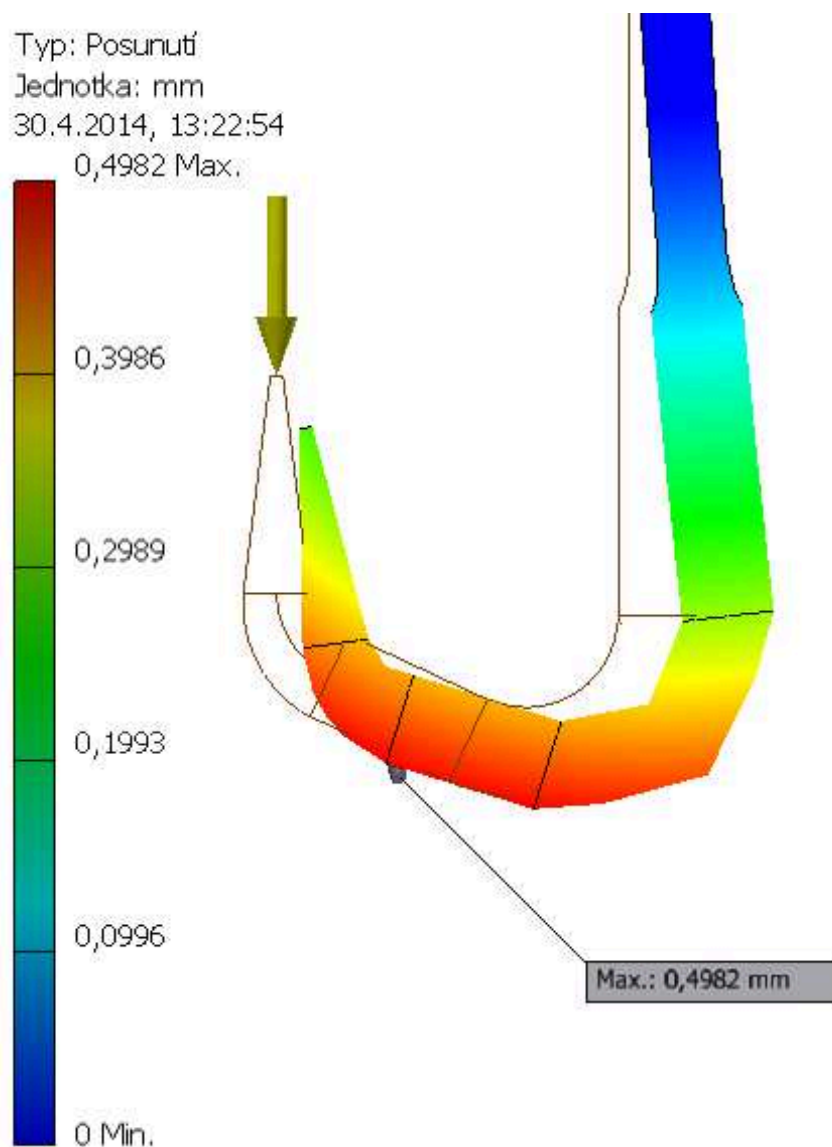
Jednotka: MPa

30.4.2014, 13:20:20

151,5 Max.



Obr. 6.20 Napětí Von Mises modelu s kratším ramenem hrotu



Obr. 6.21 Posunutí modelu s kratším ramenem hrotu

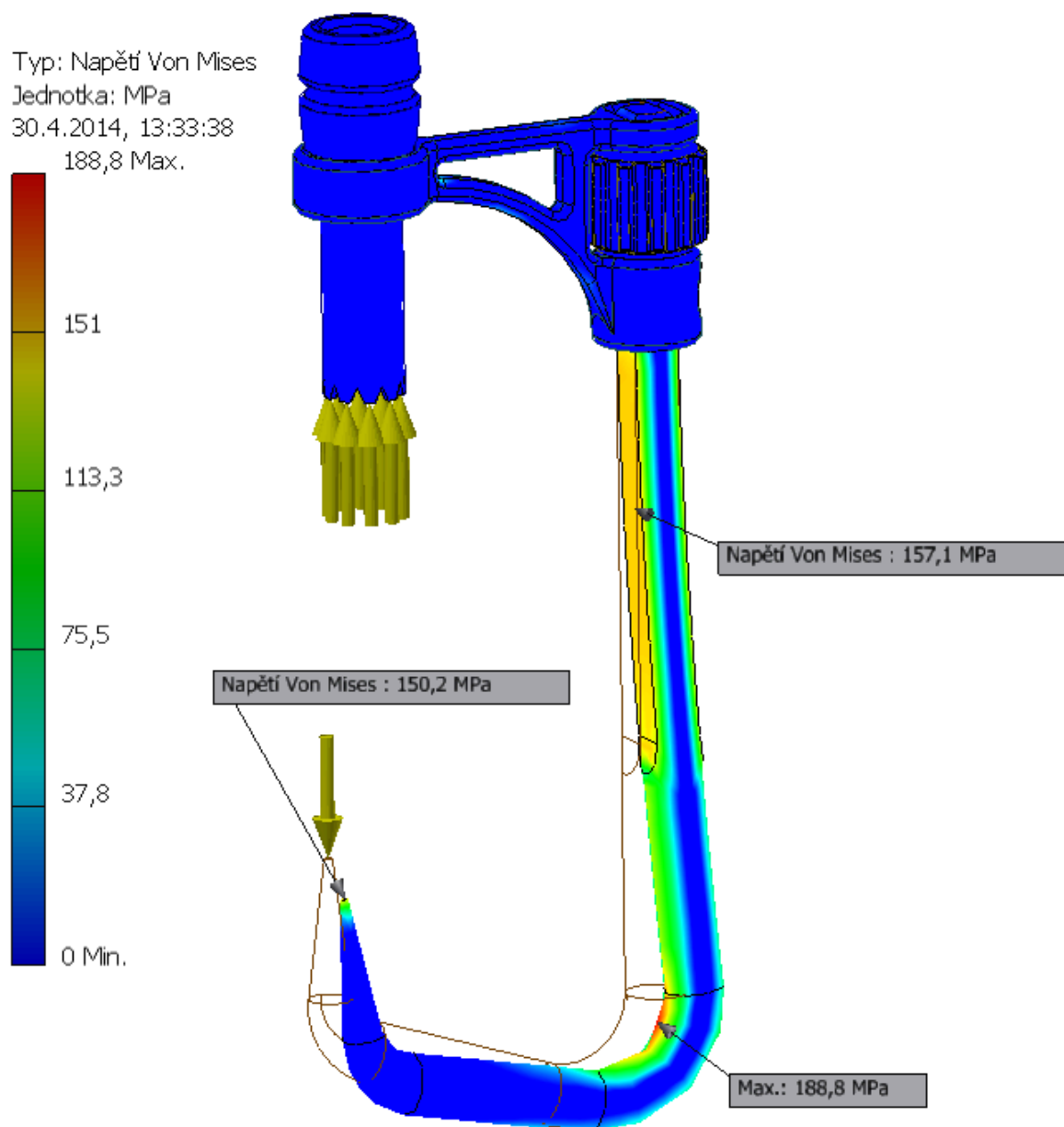
Z důvodu polohy špičky hrotu, která je vyosená vůči ose pouzder směrem k tělu přípravku, působí síla na menším rameni. To má za následek zvýšení tuhosti hrotu. Následkem je snížení maximálního napětí Von Mises na hodnotu 151,5 MPa, které se nachází na špičce hrotu a snížení posunu hrotu na hodnotu 0,49 mm.

MKP analýza modelu s delším ramenem hrotu

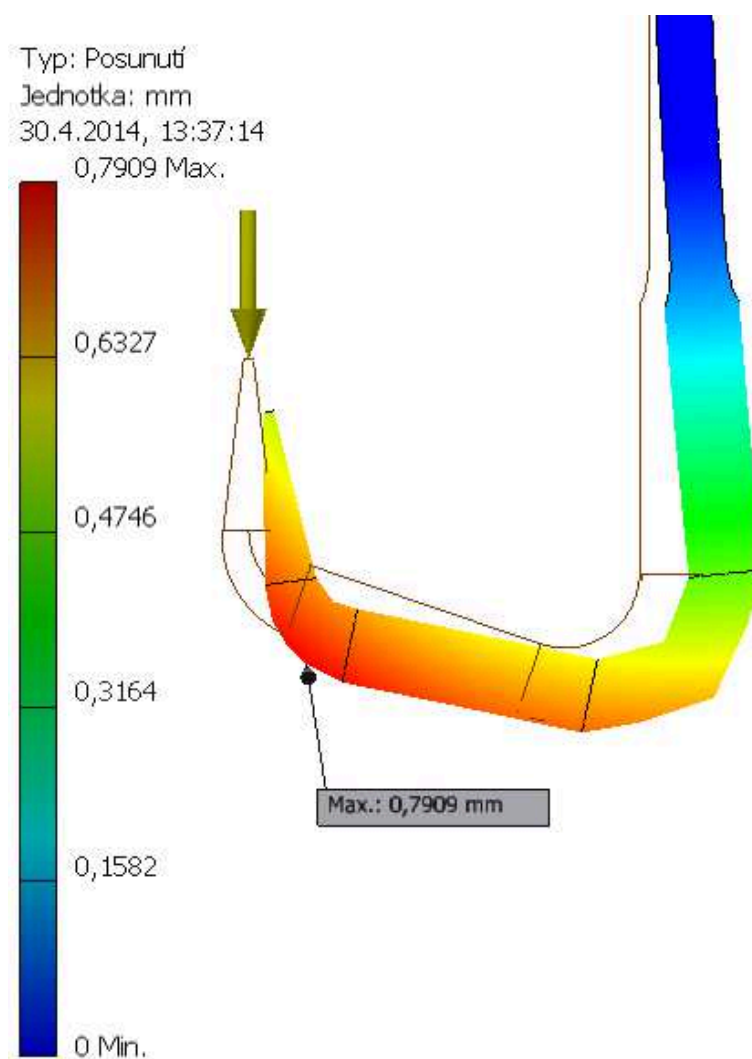
Okrajové podmínky

Okrajové podmínky byly zvoleny stejně jako u předchozího modelu.

Výsledky



Obr. 6.22 Napětí Von Mises modelu s delším ramenem hrotu



Obr. 6.23 Posunutí modelu s delším ramenem hrotu

Z důvodu působení síly na nejdelším rameni, je tento model nejvíce namáhán. Maximální napětí je rovno 188,8 MPa a nachází se v zaoblení ramene hrotu. Nejvíce vyosenná špička způsobuje i maximální posunutí 0,79 mm.

Shrnutí MKP analýz

I přes vysunutí hrotu na maximální rozsah a zatížení modelu největší možnou silou, je konstrukce přípravku dostatečně pevná. Maximální napětí u všech třech MKP analýz se pohybuje pod mezí kluzu použitého materiálu. Nejkritičtější součástí v analýzách, je hrot přípravku, na kterém se vyskytují největší napětí od působících sil. Komponenty přípravku, včetně jednotlivých typů hrotů, jsou dostatečně nadimenzované pro využití v praxi.

ZÁVĚR

Bakalářská práce s názvem Přípravek pro zavádění šroubů do kostí je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. V teoretické části jsem uvedl typy implantátů, které se používají na zlomeniny malých kostí, přehled běžně používaných materiálů a dále operační postup zavádění tažných šroubů do kosti prstu.

Cílem bakalářské práce bylo navržení přípravku pro zavádění šroubů a K-drátů do malých kostí na ruce noze. Proto jsem v praktické části uvedl šest variant přípravku, ze kterých jsem vybral tu nejvhodnější variantu s ohledem na konstrukční požadavky přípravku a to jednoduchost, minimální počet součástí, malé rozměry a nízkou hmotnost. Variantu, která odpovídá těmto požadavkům, jsem podrobil kontrolním výpočtům včetně provedení pevnostní analýzy metodou MKP. Ze všech těchto kontrolních výpočtů vyplývá, že přípravek pevnostně vyhovuje.

Pro přípravek jsem použil materiály, které odpovídají požadavkům na zdravotnické prostředky a umožňují opakované mytí, desinfekci a sterilizaci. Přípravek je variabilní pro různé velikosti šroubů, K-drátů a umožňuje jejich správné cílení do kosti. Z důvodu použití výměnných pouzder a jejich vzájemné kombinace jsem zvolil barevné kódování pro jejich intuitivní použití.

V závěru práce jsem vyhotovil výkresovou dokumentaci vybrané varianty přípravku, včetně výtisku plastového modelu technologií rapid prototyping.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DUNGL, Pavel. *Ortopedie*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005, 1273 s. ISBN 80-247-0550-8.
- [2] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [3] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2005, 907 s. ISBN 80-736-1011-6.
- [4] MAŇÁK, Pavel a Pavel DRÁČ. *Osteosyntézy a artrodézy skeletu ruky*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 99 s. ISBN 978-802-4738-734.
- [5] NEČAS, Alois a Dominique J GRIFFON. *Chirurgická léčba zlomenin*. Vyd. 1. Brno: VFU, 2005, 96 s. ISBN 80-730-5513-9.
- [6] AO FOUNDATION. *Middle phalanx: Oblique fractures* [online]. 2008 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z:
https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hng7BARydDRwN3Q1dDA08XN59Qz8AAQwMDA6B8JJK8haGFgYFnqKezn7GTH1DahIBuP4_83FT9gtyIcgBttJy/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfQzBWUUFcMUEwRzFFMTBJREZMVUIRUDEwMDA!/?redfix_url=&implanttype=Lag%20screw%20fixation&segment=PhalangesMiddle&bone=Hand&classification=74-Shaft%2c%20Oblique&approach=&showPage=redfix&treatment=&method=Oblique%20fractures#stepUnit-1
- [7] AO FOUNDATION. *Lag screw fixation* [online]. 2014 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z:
https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hng7BARydDRwN39yBTayMvLwOLUA93I4MQE_2CbEdFAF3RnT4!/?segment=Mandible&bone=CMF&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/additional_material/91/X80_lag_screw_fix.jsp#JumpLabelNr1

- [8] AO foundation. *Choice of implants* [online]. 2009 [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xz9CP0os3hng7BARydDRwN39yBTAYmVlWOLUA93I4MQE_2CbEdFAF3RnT4!/?segment=Midface&bone=CMF&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/additional_material/92/X40-choice-of-implants.jsp
- [9] AO foundation. *Screws* [online]. 2009 [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: https://www2.aofoundation.org/wps/portal!/ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xz9CP0os3hng7BARydDRwN39yBTAYmVlWOLUA93I4MQE_2CbEdFAF3RnT4!/?segment=Midface&bone=CMF&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/additional_material/92/X40-choice-of-implants.jsp
- [10] Bohdan Bolzano s.r.o. *Charakteristika jednotlivých skupin korozivzdorných ocelí* [online]. 2014 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-prirucka/vyrobky-z-korozivzdornych-a-zaruvzdornych-oceli/vyrobky-z-oceli-korozivzdornych/charakteristika-skupin-korozivzdornych-oceli>
- [11] Bohdan Bolzano s.r.o. *Přehled chemického složení* [online]. 2014 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-prirucka/vyrobky-z-korozivzdornych-a-zaruvzdornych-oceli/vyrobky-z-oceli-korozivzdornych/prehled-chemickeho-slozeni>
- [12] Bohdan Bolzano s.r.o. *Materiálové listy –mat. 1.4021* [online]. 2014 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-prirucka/vyrobky-z-korozivzdornych-a-zaruvzdornych-oceli/vyrobky-z-oceli-korozivzdornych/materialove-listy/x20cr13-martenziticke>
- [13] Euro Inox. *Korozivzdorné oceli - vlastnosti* [online]. 2014 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: http://www.euro-inox.org/pdf/map/StainlessSteelProperties_CZ.pdf
- [14] Feron a.s. *Materiálové normy* [online]. 2014 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php

- [15] Instrumentation. *Screws* [online]. 2006 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z:
<http://cal.vet.upenn.edu/projects/orthopod/csfr/terms/screws.htm>

- [16] Medin a.s. *Šrouby kostní* [online]. 2011 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z:
<http://www.medin.cz/upload/katalogy/katalog-traumatologie-srouby-kostni.pdf>

- [17] Medin a.s. *Prezentace ze školení chirurgie* [online]. 2011 [cit. 2014-04-03].
Dostupné z:
<http://www.medin.cz/upload/Prezentace%20ze%20skoleni%20chirurgie.pdf>

- [18] Medin a.s. *Dlahy femorální distální úhlově stabilní* [online]. 2011 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.medin.cz/dlahy-femoralni-distalni-uhlove-stabilni-9003d/>

- [19] Medin a.s. *Kirschnerovy dráty a K-dráty* [online]. 2011 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.medin.cz/upload/katalogy/katalog-traumatologie-draty-a-drobne-implantaty.pdf>

- [20] Montan Ocel s.r.o. *Plechý, svitky válcované za studena - nerez* [online]. 2014 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z:
http://www.montanocel.cz/data/USR_039_DEFAULT/Rozsirena_charakteristika_jakosti_rady_J200.doc

- [21] ORTHOFIX. *MiniRail Fixator System* [online]. 2010 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://us.orthofix.com/products/minirail.asp?cid=5>

- [22] SYNTHES. *LCP Compact Hand 1.5* [online]. 2010 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z:
<http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.001.038.pdf>

- [23] SYNTHES. *Variable Angle LCP Forefoot/Midfoot System 2.4/2.7* [online]. 2012 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z:
<http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.001.232.pdf>

- [24] The royal college of surgeons of Edinburg. *Synthes screws reference chart* [online]. 2002 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.rcsed.ac.uk/fellows/lvanrensborg/classification/commonfiles/Synthes%20screws.pdf>
- [25] Zdravotnictví a medicína. *Operační řešení zlomenin distálního radia* [online]. 2013 [cit. 2014-04-1]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/sestra/operacni-reseni-zlomenin-distalniho-radia-472284>
- [26] Stryker. Foot & Ankle Catalog 2012 [online]. 2012 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://www.osteosynthesis.stryker.com/medias/pdf/us/982383.pdf>
- [27] Innomed, Inc. Foot & ankle instruments [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: http://www.innomed.net/smallbone_footankle_clamps.htm#Anchor-Chang-14210
- [28] Med-Vet International. Orthopedic Instruments [online]. 2013 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: http://www.innomed.net/smallbone_footankle_clamps.htm#Anchor-Chang-14210

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Obr. 1.1 Šroub kortikální HA 2 [16].....	13
Obr. 1.2 Šroub spongiózní HB 4 [16].....	14
Obr. 1.3 Samořezný šroub [8].....	14
Obr. 1.4 Samovrtný šroub [8]	14
Obr. 1.5 Použití K – drátu [6]	15
Obr. 1.6 Příklad použití cerklážního drátu dle Segmüllera [4].....	16
Obr. 1.7 Dělení dlahové fixace dle typu konstrukce.....	17
Obr. 1.8 VA – LCP Forefoot/Midfoot System 2.4/2.7 od firmy Synthes [23].....	17
Obr. 1.9 LCP Compact Hand 1.5. od firmy Synthes [22].....	17
Obr. 1.10 MiniRail fixátor od společnosti Orthofix [21].....	19
Obr. 2.1 O'Brien - kostní kleště [27].....	20
Obr. 2.2 Redler - perkutánní kleště [27]	20
Obr. 2.3 Chang kleště [27].....	21
Obr. 2.4 Repoziční kleště pro tahové šrouby od společnosti Stryker [26]	21
Obr. 2.5 Výměnná pouzdra společnosti Stryker [26]	22
Obr. 2.6 Nastavitelné vrtací pouzdro [28]	22
Obr. 4.1 Phalanx media [6]	26
Obr. 4.2 Šikmá zlomenina [6].....	26
Obr. 4.3 Laterální a předozadní projekce [6].....	27
Obr. 4.4 Omývání lomové plochy [6].....	27
Obr. 4.5 Přímá repozice zlomeniny [6].....	28
Obr. 4.6 Malrotace prstu [6]	28
Obr. 4.7 Rovnoměrné rozložení šroubů [6]	29
Obr. 4.8 Vychýlení zlomeniny [6]	29
Obr. 4.9 Tvorba průchozího otvoru jako první [6]	30
Obr. 4.10 Tvorba závitového otvoru jako první [6].....	31
Obr. 4.11 Měření hloubky díry [6]	31
Obr. 4.12 Použití šroubů [6]	32
Obr. 4.13 Zahloubení díry [6]	32
Obr. 4.14 Bez zahloubení [7].....	33
Obr. 4.15 Příliš velké zahloubení [7].....	33

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Obr. 4.16 Fixace šrouby [6]	34
Obr. 5.1 Varianta „A“	35
Obr. 5.2 Varianta „B“	36
Obr. 5.3 Varianta „C“	37
Obr. 5.4 Varianta „D“	38
Obr. 5.5 Varianta „E“	38
Obr. 5.6 Varianta „F“	39
Obr. 6.1 Tělo přípravku	40
Obr. 6.2 Matice	40
Obr. 6.3 Typy hrotů	41
Obr. 6.4 Odečtení hloubky vrtání	42
Obr. 6.5 Zaváděcí pouzdro	43
Obr. 6.6 Vrtací pouzdro	43
Obr. 6.7 Pouzdro pro K-drát	44
Obr. 6.8 Plát s pouzdry	45
Obr. 6.9 Určení plochy průřezu dřívku hrotu	51
Obr. 6.10 Zatížení pouzdra	54
Obr. 6.11 Zatížení hrotu v „v ose“	55
Obr. 6.12 Umístění pevné vazby	55
Obr. 6.13 Pohled sítě modelu s hrotem „v ose“	56
Obr. 6.14 Napětí Von Mises modelu s hrotem „v ose“	57
Obr. 6.15 Posunutí modelu s hrotem „v ose“	58
Obr. 6.16 Zatížení hrotu ve tvaru pouzdra.....	59
Obr. 6.17 Posunutí modelu s hrotem ve tvaru pouzdra	58
Obr. 6.18 Napětí Von Mises modelu s hrotem ve tvaru pouzdra	59
Obr. 6.19 Max. napětí Von Mises modelu s hrotem ve tvaru pouzdra.....	61
Obr. 6.20 Napětí Von Mises modelu s kratším ramenem hrotu	62
Obr. 6.21 Posunutí modelu s kratším ramenem hrotu	63
Obr. 6.22 Napětí Von Mises modelu s delším ramenem hrotu.....	64
Obr. 6.23 Posunutí modelu s delším ramenem hrotu.....	65

Tabulky

Tab. 1: Chemické složení DIN EN 1.4021 v % [11]	24
---	----

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Tab. 2: Mechanické vlastnosti DIN 1.4021 (pro plech tloušťky 75 mm) podle EN 10088-2 [12]	24
Tab. 3: Chemické složení DIN EN 1.4301 v % [11]	24
Tab. 4: Mechanické vlastnosti DIN EN 1.4301 (pro plech tloušťky 75 mm) podle EN 10088-2, 10088-3 [13]	25
Tab. 5: Chemické složení DIN EN 1.4305 v % [11]	25
Tab. 6: Mechanické vlastnosti DIN EN 1.4305 (pro zastudena válcovaný pás tloušťky 75 mm) podle EN 10088-2, EN 10088-3 [13]	25
Tab. 7: Značení pouzder pro šrouby, průměry vrtáků a hlav šroubů	43
Tab. 8: Značení pouzder pro K-drát, průměry vrtáků	44
Tab. 9: Parametry metrického závitu M7x1	47
Tab. 10: Parametry metrického závitu M4x0,7	50

PŘÍLOHA

Výrobní výkres č. POP0030 - 01:	POUZDRO ZAVÁDĚCÍ 1,0
Výrobní výkres č. POP0030 - 02:	POUZDRO ZAVÁDĚCÍ 1,3
Výrobní výkres č. POP0030 - 03:	POUZDRO ZAVÁDĚCÍ 1,5
Výrobní výkres č. POP0030 - 04:	POUZDRO ZAVÁDĚCÍ 2,0
Výrobní výkres č. POP0030 - 05:	POUZDRO ZÁVITOVÉ 1,0
Výrobní výkres č. POP0030 - 06:	POUZDRO ZÁVITOVÉ 1,5
Výrobní výkres č. POP0030 - 07:	POUZDRO KLUZNÉ 1,0
Výrobní výkres č. POP0030 - 08:	POUZDRO KLUZNÉ 1,3
Výrobní výkres č. POP0030 - 09:	POUZDRO KLUZNÉ 1,5
Výrobní výkres č. POP0030 - 10:	POUZDRO KLUZNÉ 2,0
Výrobní výkres č. POP0030 - 11:	POUZDRO K-DRÁT 0,8
Výrobní výkres č. POP0030 - 12:	POUZDRO K-DRÁT 1,0
Výrobní výkres č. POP0030 - 13:	POUZDRO K-DRÁT 1,2
Výrobní výkres č. POP0030 - 14:	POUZDRO K-DRÁT 1,5
Výrobní výkres č. POP0030 - 15:	POUZDRO K-DRÁT 1,8
Výrobní výkres č. POP0030 - 16:	POUZDRO K-DRÁT 2,0
Výrobní výkres č. POP0030 - 17:	TĚLO
Výrobní výkres č. POP0030 - 18:	MATICE
Výrobní výkres č. POP0030 - 19:	HROT – V OSE

PŘÍPRAVEK PRO ZAVÁDĚNÍ ŠROUBŮ DO KOSTÍ

Výrobní výkres č. POP0030 - 20: HROT – KRATŠÍ RAMENO

Výrobní výkres č. POP0030 - 21: HROT – DELŠÍ RAMENO

Výrobní výkres č. POP0030 - 22: HROT – POUZDRO

Výrobní výkres č. POP0030 - 23: PLÁT

Výkres sestavení č. POP0030 - 24: SESTAVA

Výkres sestavení č. POP0030 - 25: SESTAVA PLÁT